

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra měřicí a řídicí techniky

**Metodika testování, návrh a realizace testeru pro
zkoušení řídicí jednotky vzduchotechniky VCR**

**Testing Metodology, Design and Realization of the Tester
for Testing the Air Control Unit VCR**

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra měřicí a řídicí techniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Ľuboš Ďurčanský**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2601R004 Měřicí a řídicí technika
Téma: Metodika testování, návrh a realizace testeru pro zkoušení řídicí jednotky vzduchotechniky VCR
Testing Methodology, Design and Realization of the Tester for Testing the Air Control Unit VCR

Zásady pro vypracování:

1. Popis činností výstupní kontroly při testování řídicí jednotky vzduchotechniky VCR.
2. Návrh metodiky testování řídicí jednotky vzduchotechniky VCR.
3. Návrh hardwaru a softwaru pro realizaci testeru.
4. Návrh a popis algoritmů testování.
5. Realizace algoritmů testování.
6. Návrh a realizace testeru.
7. Ověření funkčnosti navrženého testeru a popis výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. SROVNAL, V. *Kybernetika*. Výukový text pro studenty programu Elektrotechnika, VŠB-TU Ostrava, 2009.
2. KOZIOREK, J. *Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů*. Výukový text pro studenty oboru Měřicí a řídicí technika, VŠB-TU Ostrava, 2009.
3. ŠMEJKAL, L. - MARTINÁSKOVÁ, M. *PLC a automatizace. 1. díl, Základní pojmy, úvod do programování*. 1. vyd. Praha: BEN - Technická literatura, 1999. 223 s. ISBN 80-86056-58-9.
4. ŠMEJKAL, L. - MARTINÁSKOVÁ, M. *Řízení programovatelnými automaty*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. 160 s. ISBN 80-01-01766-4.
5. Firemní dokumentace Siemens k PLC Simatic.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Vilém Srovnal, CSc.**

Datum zadání: 19.11.2010

Datum odevzdání: 06.05.2011

doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Rožnově pod Radhoštěm dne

Luboš Ďurčanský.....

Prohlášení zástupce spolupracující právnické osoby.

Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava, a to za těchto podmínek:

- a) přílohy budou ve veřejné části bakalářské práce uvedeny pouze ve formě seznamu a odkazů v textech.
- b) všechny uvedené přílohy viz bod 9. „Seznam příloh“ mohou být uvedeny pouze v režimu „tajné“, a to na nezveřejňovaném nosiči CD/DVD.

V Rožnově pod Radhoštěm dne

Podpis

Poděkování

Chtěl bych toto mé poděkování věnovat vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Vilému Srovnalovi , Csc. za cenné rady, připomínky a konzultace a firmě Remak a.s., která mi umožnila toto téma realizovat.

Abstrakt

Cílem mé bakalářské práce je vyvinout tester pro kontrolu řídicích jednotek VCR a stanovit metodiku pro testování těchto jednotek. Tester bude sloužit k identifikaci požadovaných výstupních stavů a k měření výstupních hodnot, pomocí kterého pracovníci kontroly prověří plnou funkčnost nainstalované aplikace a provedení zapojení dle konkrétního požadavku zákazníka. Řídicí jednotka VCR je soubor jističů, stykačů, relé, spínačů a dalších komponentů napojených na programovatelný regulátor značky Siemens. Tyto komponenty jsou namontovány do rozvodné krabice a vodičově propojeny vodiči. Řídicí jednotka VCR představuje unikátní řešení pro řízení vzduchotechniky REMAK a.s. sloužící k řízení a ovládání klimatizace. V současnosti je kontrola řídicích jednotek prováděna pouze pomocí multimetru a vlastních zařízení pracovníky kontroly, kteří mnohdy ani nemají přesnou představu, co řídicí jednotka vlastně řídí. Výsledkem mé práce má být zvýšení povědomí pracovníků kontroly o řízeném zařízení dle konkrétní aplikace, omezení chyb způsobených lidským faktorem, zlepšení ergonomie, snížení nákladů, a to vše s ohledem na reálné podmínky a potřeby kontrolního procesu.

Abstract

The aim of this thesis is to develop a tester that will check VCR control units and specify a methodology of the check process. The tester will be used to identify the required input states and measure output values that will allow the personnel performing the check to verify full functionality of the installed application and connection according to the specific requirements of the customer. VCR control unit consists of circuit breakers, contactors, relays, switches and similar components connected to the programmable controller made by Siemens. These components are mounted into the distribution box and connected by conductors. VCR control unit represents a unique solution to the REMAK a.s. air-conditioning system control providing the control and regulation of air-conditioning. The personnel performing the check currently check the control units only by a millimetre and personal arrangement and they often do not know what it is that the control unit controls. This thesis should raise awareness of the personnel performing the check as far as the control unit is concerned focusing on specific applications, reduction of human errors, improvement of ergonomics, reduction of cost and all this with regard to the real conditions and needs of the check process.

Klíčová slova

řídící jednotka, programovatelný automat, regulace, měřicí panel, řídicí panel, programovatelný regulátor, analogové vstupy/výstupy, digitální vstupy/výstupy, tester, testování,

Keywords

control unit, programmable logic controller, regulation, measuring panel, control board, programmable controller, analog inputs/outputs, digital inputs/outputs, tester, testing,

Seznam použitých symbolů a zkratk

ŘJ – řídicí jednotka

I – proud

U – napětí

I/O – vstup / výstup (Input / Output)

PLC – programovatelný automat (programmable Logic Controller)

HMI- rozhraní člověk - stroj (Human-Machine Interface)

VCR- firemní označení nové produktové řady řídicích jednotek

VCB- firemní označení stávající produktové řady řídicích jednotek

WBC- firemní označení stávající produktové řady řídicích jednotek

DPS - deska plošných spojů, (PCB)

IO - Integrovaný obvod

ŘJ VCR- řídicí jednotka nové produktové řady řídicích jednotek

HVAC - vytápění, ventilace a klimatizace (Heating, Ventilation and air-conditioning)

VZT- vzduchotechnika

TČ- tepelné čerpadlo

VO-vodní ohřev

EO-elektrický ohřev

NTC- pasivní teplotní senzor

MPI- Bodové rozhraní (Multi Point Interface)

TCP/IP- primární transportní protokol - TCP/protokol síťové vrstvy - IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

OPC- Otevřené řízení procesů (Open Process Control)

PAVŘS- Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů

ZKTE- Základy konstrukčních technologií v elektronice

1.	Úvod	1
2.	Teoretický rozbor	2
2.1.	Seznámení se s pojmem řídicí jednotka vzduchotechniky VCR	2
2.1.1.	Užití ŘJ VCR	2
2.1.2.	Konstrukce ŘJ	2
2.1.3.	Provozní podmínky	2
2.1.4.	Regulační a řídicí část	2
2.1.5.	Silová část	3
2.1.6.	Připojovací svorky	4
2.2.	Srovnání funkcionalit a výstupních signálů stávajících ŘJ s novou VCR	4
2.2.1.	Obecný popis	4
2.2.2.	Nástroj na programování Sapro	4
2.2.3.	Výčet difference funkcionalit stávajících ŘJ VCB a WBC s novou řadou ŘJ VCR, včetně popisu.	5
2.2.4.	Obecný popis technologických vstupů a výstupů programovatelných regulátorů Climatix. 7	
2.3.	Popis funkcí (výstupů) pro testování	10
2.3.1.	Testujeme	10
2.3.2.	Seznam častých závad	10
2.3.3.	Co je potřeba definovat	10
2.3.4.	Popisy funkcí (výstupů) pro testování	11
2.4.	Popis činností výstupní kontroly při testování řídicí jednotky vzduchotechniky VCR-stávající stav.	11
2.4.1.	Úvodní shrnutí	11
2.4.2.	Popis jednotlivých kroků výstupní kontroly	11
3.	Návrh metodiky (koncepce) testování řídicí jednotky vzduchotechniky VCR	13
3.1.	Analýza stávajícího stavu – popis nedostatků stávajícího testovacího přípravku	13
3.1.1.	Popis nedostatků stávajících testovacích přípravků	13
3.1.2.	Zhodnocení a doporučení	14
3.2.	Prozkoumání možnosti nové koncepce testování ŘJ (Automatizace pomocí PLC– návrh hardwaru a softwaru pro realizaci testeru.)	14
3.2.1.	Prozkoumání možné koncepce automatizace testování	14
3.2.2.	Návrh logiky propojení vstupů a výstupů	15
3.2.3.	Stanovení počtu vstupů a výstupů pro konfiguraci PLC	16
3.2.4.	Výběr zařízení pro automatizaci testování	16
3.2.5.	Obecný popis sekvencí testování dle nové koncepce pro ŘJ VCR (poloautomatizace)	19
3.2.6.	Zhodnocení koncepce poloautomatizace (náklady, úspory, návratnost)	19

3.3.	Prozkoumání možností testování ŘJ optimalizací dle stávající koncepce.....	20
3.3.1.	Generování konceptů řešení.....	20
3.3.2.	Výběr konceptu řešení:	21
3.3.3.	Obecný popis koncepce nového testeru:.....	21
3.3.4.	Závěrečné zhodnocení koncepce:	22
3.4.	Výběr koncepce pro testování ŘJ vzduchotechniky VCR.....	23
4.	Návrh a realizace testeru.....	23
4.1.	Návrh funkční části řídicího panelu.....	24
4.1.1.	Stanovené cíle	24
4.1.2.	Návrh řešení (realizace stanovených cílů)	24
4.1.3.	Výstupy	27
4.2.	Návrh konstrukce řídicího panelu.....	27
4.2.1.	Stanovené cíle	27
4.2.2.	Návrh řešení (realizace stanovených cílů)	28
4.2.3.	Výstupy	29
4.3.	Návrh konstrukce nosného ramene pro řídicí část.....	30
4.3.1.	Stanovené cíle	30
4.3.2.	Návrh řešení (realizace stanovených cílů)	30
4.3.3.	Výstupy	31
4.4.	Návrh funkční části měřicího panelu	31
4.4.1.	Stanovené cíle	31
4.4.2.	Návrh řešení (realizace stanovených cílů)	32
4.4.3.	Výstupy	41
4.5.	Návrh konstrukce měřicího panelu	42
4.5.1.	Stanovené cíle	42
4.5.2.	Návrh řešení (realizace stanovených cílů)	42
4.5.3.	Výstupy	43
4.6.	Návrh periferních součástí testeru	45
4.6.1.	Stanovené cíle	45
4.6.2.	Návrh řešení (realizace stanovených cílů)	45
4.6.3.	Výstupy	46
4.7.	Obecný popis samotného návrhu a realizace	46
4.7.1.	Dílní schémata:	46
4.7.2.	Celková schémata a návrh DPS:	47
4.7.3.	Výroba DPS a osazení součástek:.....	48
4.7.4.	Nosné rameno:	48
4.7.5.	Krycí konstrukce:.....	48
4.7.6.	Montáž testeru:	49
5.	Ověření funkčnosti navrženého testeru	52

6.	Závěr – zhodnocení výsledků.....	53
7.	Literatura	54
8.	Seznam obrázků	56
9.	Seznam příloh.....	57

1. Úvod

Současná doba se vyznačuje nárůstem konkurenčního boje v průmyslu, který vrcholí snahou firem o získávání a udržení nových i stálých zákazníků. Logicky z toho plyne interní potřeba firem co možná nejlépe se přibližovat přáním a potřebám trhu a v tomto směru být vždy napřed své konkurenci. Významnou součástí požadavků trhu bývá spolehlivost a kvalita výrobku, proto při inovaci produktové řady je také nezbytné neustále inovovat metodiku (postupy) výrobních a kontrolních procesů a inovovat také technické prostředky, určené pro dosažení stanovených cílů.

Jako zadavatel této bakalářské práce je česká firma Remak a.s. s dlouholetou tradicí zabývající se projektováním a výrobou vzduchotechniky. Zadavatel v návaznosti na vývoj nové produktové řady řídicích jednotek vzduchotechniky pod interním označením VCR, zadal zpracovat návrh koncepce testování řídicích jednotek vzduchotechniky VCR včetně návrhu a realizace technických prostředků určených k testování těchto ŘJ.

Výrobou a prodejem vzduchotechniky se ve světě zabývá nespočet firem, proto je také důležité každou součást návrhu, vývoje, výroby, kontroly a prodeje pečlivě naplánovat a zhodnotit před samotnou realizací.

Tato bakalářská práce se bude tedy zabývat vytvořením návrhu koncepce testování řídicích jednotek vzduchotechniky VCR a návrhem a realizací technických prostředků, pomocí kterých se bude prověřovat funkčnost samotných řídicích jednotek. Součástí práce je také seznámení s pojmem řídicí jednotka vzduchotechniky VCR, srovnání jednotlivých funkčních rozdílů stávajícího sortimentu vyráběných řídicích jednotek VCB a WBC a nové produktové řady pod označením VCR.

2. Teoretický rozbor

2.1. Seznámení se s pojmem řídicí jednotka vzduchotechniky VCR

2.1.1. Užití ŘJ VCR

Řídicí jednotky VCR jsou řídicí a silové komplexní systémy pro regulaci a ovládání vzduchotechniky Remak.

Řídicí jednotky VCR umožňují snadné ovládání, nastavení požadovaných hodnot včetně vizualizace provozních stavů. Tyto jednotky zajišťují vysokou stabilitu, komplexní bezpečnost pro řízení provozních stavů. Zárukou je taky vysoká přesnost výstupních a vstupních hodnot a hlavně stabilita řízení vzduchotechniky. ŘJ VCR používá unikátní funkce, které firma nabízí jako standardní řešení svých variant konfigurací. ŘJ VCR, které umožňují vzdálený přístup bez nutnosti vytváření speciálního softwaru, a to za pomoci HMI a Webového rozhraní. U vyšších řad programovatelných regulátorů POL63x lze také využívat kartu SD pro nahrávání aplikací pro snadnější uvádění ŘJ VCR do provozu.

2.1.2. Konstrukce ŘJ

Řídicí a silová část je umístěna ve vnitřní části rozvaděče a jednotlivé komponenty jsou mechanicky spojené pomocí DIN lišty. Konstrukce rozvaděče je tvořena plastovou rozvodnou krabicí, u které krytí odpovídá IP65 při uzavřeném průhledném krytu ŘJ a IP40 při otevřeném průhledném krytu ŘJ. Druhá konstrukční varianta je tvořena plechovou rozvodnou krabicí, která odpovídá krytí při uzavřeném průhledném krytí IP55 nebo IP66 v návaznosti na typ požadované rozvodné krabice a při otevřeném průhledném krytí s krytím IP20. Řídicí jednotky VCR jsou v závislosti na potřebné modulární obsazenosti umístěny do rozvodných krabic o velikostech 54M, 72M, 96M, 120M a 168M. Tyto řídicí jednotky lze také na základě specifického požadavku zákazníka umístit do jiného typu rozvodné krabice než standardně nabízí ve svém sortimentu firma Remak.

2.1.3. Provozní podmínky

Řídicí jednotky VCR mohou být použity v prostředí bezprašném třídy A, tj. v suchém, bez chemických látek a bez nebezpečí výbuchu. Řídicí jednotky smějí být také umístěny v prostředí s přípustným rozsahem teploty 0°C až + 40°C

2.1.4. Regulační a řídicí část

Jednotlivé řídicí a regulační funkce jsou zajištěny pomocí programovatelných regulátorů značky Siemens s produktové řady Climatix. Do koncepce řídicích jednotek je použita konkrétně produktová řada POL4xx a POL63x a také rozšiřující moduly, pomocí kterých lze obohatit řídicí a

regulační konfigurace a také rozšířit počet připojovacích svorek. Pro produktovou řadu řídicích jednotek VCR existuje mnoho variant konfigurací závislých především na požadavcích zákazníka.

Pro řízení specifických funkcí mohou kromě programovatelného regulátoru Climatix sloužit také jiné elektronické součástky (například relé), které tvoří s programovatelným regulátorem Climatix nedílnou součást řídicí a regulační části řídicích jednotek VCR. Tyto pomocné elektronické součástky jsou navzájem vodivě propojeny s programovatelným regulátorem pomocí vodičů, kterých síla je předepsaná dle platných norem a předpisů. Každý vodič řídicí části v jednotce je opatřen strojně připraveným popisem, který slouží k informaci, kde je druhá strana vodiče vodivě připojena.

Hlavní úkolem řídicí části ŘJ VCR je snímat provozní stavy jednotlivých částí vzduchotechniky a externích ovládacích prvků, vyhodnocovat odchylky od požadovaných stavů a automaticky řídit požadované výstupy akčních členů výstupních obvodů.



Obrázek 1. Řídicí část ŘJ VCR – část produktové řady Climatix [2]

2.1.5. Silová část

Silová část ŘJ VCR je tvořena za pomoci prvku jako jsou např. stykače, jističe a vypínače, které jsou upevněny za pomoci DIN lišt do rozvodné krabice k dané řídicí jednotce.

Vzájemné vodivé propojení jednotek je zajištěno za pomoci vodičů patřičného průměru dle požadované zátěže výstupních komponentů na základě platných norem a předpisů. Každý silový

vodič v jednotce je opatřen strojně připraveným popisem, který slouží k poskytnutí informace, kde je druhá strana vodiče vodivě připojena.

2.1.6. Připojovací svorky

Pro snadné připojení ŘJ VCR jsou rozvodné krabice opatřeny pro silovou i řídicí část připojovacími svorkami. Tyto svorky slouží k bezpečnému, spolehlivému a jednoduchému připojení řídicí jednotky VCR k řízenému zařízení.

2.2.Srovnání funkcionalit a výstupních signálů stávajících ŘJ s novou VCR

2.2.1. Obecný popis

ŘJ VCR vychází z principu produktové řady WBC, a to proto, že zde je použit regulátor Saphir také od firmy Siemens. Pro firmu Remak to má význam zejména z ohledu nízkých potřeb úprav návrhových aplikací, tedy nižší vstupní investice.

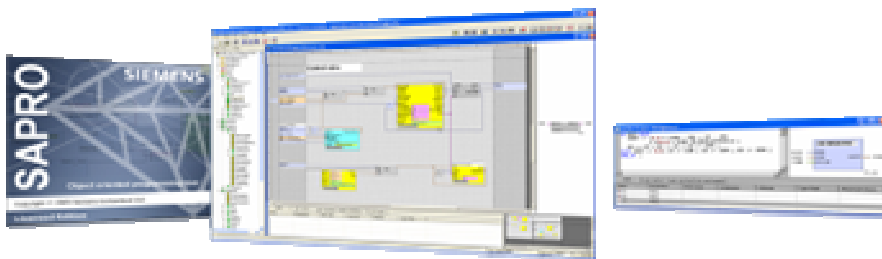
2.2.2. Nástroj na programování Sapro

V řídicích jednotkách VCR tak jak bylo již řečeno, jsou použity programovatelné regulátory značky Siemens produktové řady Climatix, které nabízí rozsáhlou nabídku regulačních a řídicích aplikací.

Z logických důvodů potřeb zachování některých specifických funkcí řízení, které firma Remak již několik let standardně nabízí v stávajících produktových řadách ŘJ, byly také regulátory doplněny o tyto aplikační možnosti.

Pro doplnění aplikačních funkcí Remak byl využit nástroj Sapro na programování regulátorů Climatix. Tento programovací nástroj byl vyvinut speciálně pro tuto řadu regulátorů, dodržuje standard IEC 61131-3 a vyznačuje se těmito vlastnostmi:

- *Objektově orientované programovací prostředí*
- *Předpřipravené bloky pro zařízení HVAC*
- *Propracovaná správa alarmů*
- *Simulace Online*
- *Jednoduché hledání a opravy chyb při programování*
- *Chráněno hardwarovým klíčem [2]*



Obrázek 2. Objektově orientované programovací prostředí [2]

2.2.3. Výčet difference funkcionalit stávajících ŘJ VCB a WBC s novou řadou ŘJ VCR, včetně popisu.

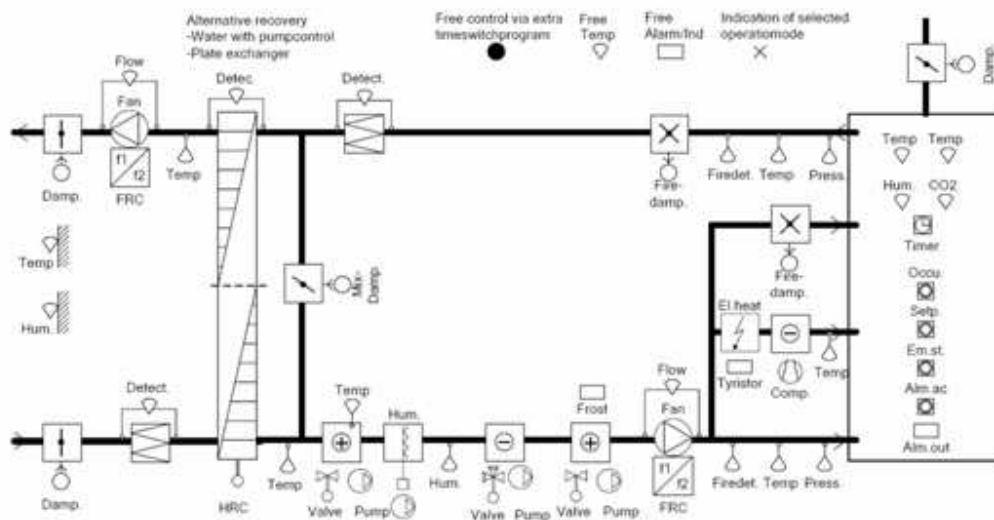
Funkce, které doposud nebyly aplikovány v stávajících řadách řídicích systémů, nebudou zrušeny, ale naopak budou doplněny do standardní nabídky aplikačních možností ŘJ VCR. To samozřejmě logicky může vést ke zvýšení konkurenceschopnosti produktů Remak. Zde uvádím výčet aplikačních funkcí, které tvoří rozdíl od stávajícího sortimentu ŘJ VCB a WBC.

- Řízení otáček ventilátorů dle tlakových čidel (na konstantní tlak)
- Řízení otáček ventilátorů dle čidel průtoku (na konstantní průtok)
- Noční provětrávání (noční chlazení)
- Noční start jednotky (pro udržení požadované teploty prostoru - lze povolit topení i chlazení)
- Start VZT jednotky na plný výkon (Boost Function), pro rychlejší dosažení požadované teploty
- TČ bude v kombinaci s ohřevem VO nebo EO. Při nedostatečném výkonu TČ dohřívá vzduch VO nebo EO
- Regulace na konstantní průtok (tlak)
- Možnost připojení až 6 ovladačů
- Možnost parametrizovat (měnit datové body regulátoru) z pokojového ovladače, včetně časového režimu
- Zobrazení pokojové teploty na ovladači.
- Možnost korekce nastavené teploty z pokojového ovladače a ovládání výkonu ventilátorů v manuálním režimu
- Změna provozních stavů VZT jednotky z pokojového ovladače (manual - program)
- Krátkodobé sepnutí VZT jednotky pro zjištění aktuální teploty potrubních čidel - automaticky pro předcházející dvě funkce

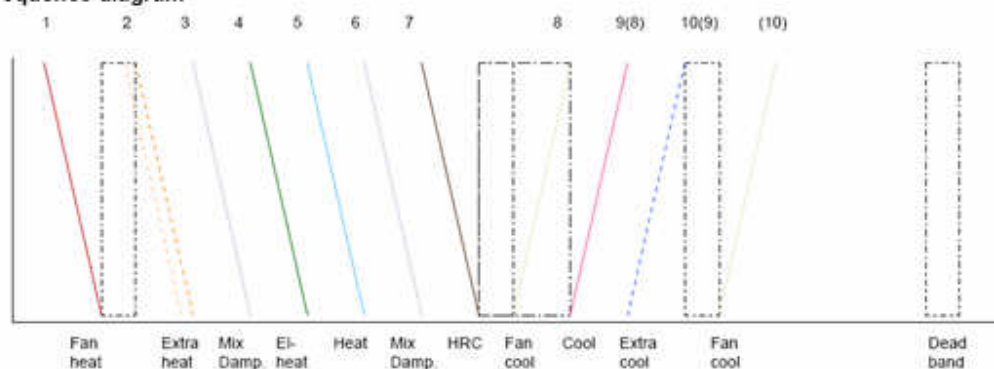
- kontrola rosného bodu (ohraničení minimální teploty přívodního vzduchu ve vztahu k rosnému bodu)
- zimní a letní kompenzace nastavené teploty
- externí řízení (dle dvou kontaktů)
- protimrazová ochrana (Venta) - snížení otáček přívodního ventilátoru
- kontrola maximální teploty vratné vody
- řízení ventilátorů podle čidla kvality vzduchu na základě měření CO (garáže)
- ovládání otáček ventilátorů přívodu a odvodu zvlášť u ventilátorů s FM

Climatix Standard application library

Function overview



Sequence diagram



Obrázek 3. Standardní aplikace produktové řady Climatix[2]

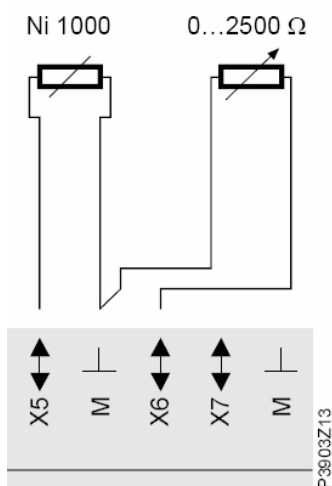
2.2.4. Obecný popis technologických vstupů a výstupů programovatelných regulátorů Climatix.

Produktová řada POL63x je k produktové řadě POL4xx vybavena více vstupy/výstupy a aplikačními možnostmi. Při tvorbě potřebné koncepce testování je tedy vhodnější zabývat se zejména vstupy a výstupy produktové řady POL63x. Proto také zde uvádím seznam technologických vstupů a výstupů pouze produktové řady POL63x, které bude nutné testovat. Je také zapotřebí brát v potaz, že počet technologických vstupů/výstupů lze navyšovat za pomoci přídatných modulů. Okruh možných teoretických podkladů k popisu obecné teorie vstupů a výstupů regulátorů není potřeba zužovat pouze na odvětví regulátorů, ale lze čerpat informace i z teorie PLC. Obecně lze říct, že rozdíl mezi těmito dvěma tradičními kategoriemi výrobků (regulátorů a PLC) se postupně stírá[1].

Analogové vstupy

Analogové vstupy slouží pro připojení analogových (spojitých) veličin k programovatelnému automatu (regulátoru). Jedná se hlavně o signály ze snímačů a čidel, které poskytují spojitý signál. Bývají to hlavně snímače fyzikálních veličin jako jsou teploměry, tlakoměry apod., které nám fyzikální veličinu převádí na elektrický signál. Analogové vstupní signály mají většinou charakter napěťový (0(2)-10V) nebo proudový (0(4)-20mA), ale jsou i odporové, kdy se změnou hodnoty odporu měří např. teplota.. Obecně platí, že proudové signály jsou odolnější proti rušení, jejich použití je výhodné zvláště u průmyslových aplikací a tam, kde je vyšší možnost případného rušení.[1].

Ni1000, PT1000 -2500 Ohm.



Obrázek 4. Schéma připojení k regulátorům produktové řady Climatix- NI1000,PT1000,0-2500 [2]

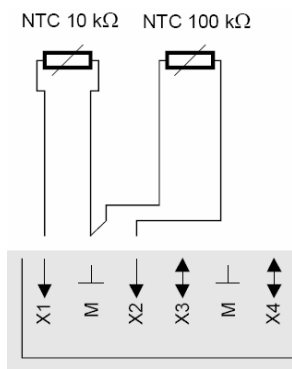
Specifikace:

Ni1000 (odporový vstup s hodnotou 1000 Ω při 0 $^{\circ}\text{C}$)

- Proud čidla 1.4 mA
- přesnost v rozsahu $-50 \dots 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 0.5 K

NTC 10kOhm, 100kOhm

Slouží k připojení pasivních teplotních senzorů.



Obrázek 5. Schéma připojení k regulátorům produktové řady Climatix- NTC [2]

Specifikace:

NTC 10 kΩ

- Rozsah měření $-50 \text{ }^{\circ}\text{C} \dots +100 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Proud čidla 60 μA @ 25 $^{\circ}\text{C}$

NTC 100 kΩ

- Rozsah měření $0 \text{ }^{\circ}\text{C} \dots +150 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Proud čidla 15 μA @ 25 $^{\circ}\text{C}$ [2]

Analogové výstupy

Analogové výstupy slouží k připojení výstupních akčních členů, které provádí potřebné korekce k úpravě do požadovaných stavů. Analogový výstup nám umožňuje změny průběhu akčního zásahu provádět spojitě, což je v některých případech nutné.

Digitální vstupy / výstupy

Digitální (binární) vstupy jsou určeny pro připojení dvouhodnotových veličin k programovatelnému automatu (regulátoru). Jejich zdrojem jsou snímače, čidla, tlačítka apod., které dávají informaci „ano/ne—, „pravda/nepravda— o sledované části procesu.

Nejčastěji používané fyzikální rozsahy digitálních vstupů jsou:

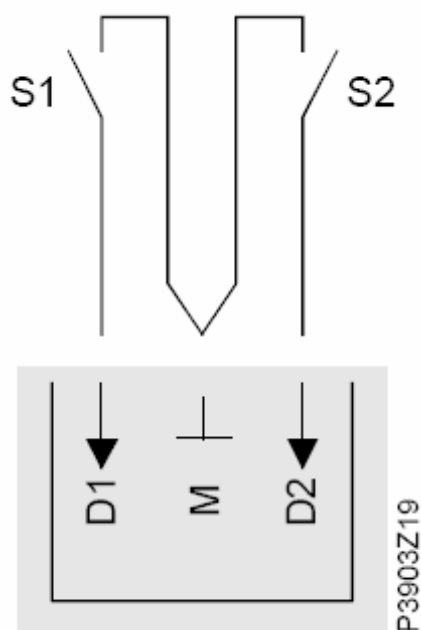
- 0/24V DC – snad nejpoužívanější rozsah digitálních vstupů.
- 0/5V DC – rozsah odpovídající TTL logice, v průmyslu se používá zřídka.

- 230V AC – rozsah odpovídající běžné střídavé síti, při použití vstupních modulů pro tento rozsah je výhodné to, že signály není nutné převádět např. na 24V DC.[1]

Digitální (binární) výstupy slouží pro připojení akčních členů s dvouhodnotovým signálem k programovatelnému automatu (regulátoru). Jedná se například o různé indikátory, jednoduché pohony, stykače, relé apod.

Nejčastěji používané fyzikální rozsahy digitálních výstupů jsou:

- 0/24V DC – snad nejpoužívanější rozsah digitálních vstupů.
 - 0/5V DC – rozsah odpovídající TTL logice, v průmyslu se používá zřídka.
 - 230V AC – rozsah odpovídající běžné střídavé síti, takže je možné napájet odběrově nenáročná zařízení přímo z digitálního výstupu (např. cívku stykače). [1]
- Digitální vstupy-výstupy mohou nabývat také jiných hodnot, pokud jde o externí signál, který je spínán v daném regulátoru například za pomoci relé. Tyto externí signály jsou dimenzovány dle spínaných periférií.



Obrázek 6. Schéma připojení k regulátorům produktové řady Climatix- kontakty[2]

Technická data číslicových vstupů pro dané kontakty.

- napěťové, proudové vzorkování DC 24 V / 5 mA
- přechodový odpor Max. 200 Ω (closed)
- Min. 50 k Ω (open)
- časované *) 10 ms
- frekvence impulzů Max. 30 Hz[2]

2.3. Popis funkcí (výstupů) pro testování

2.3.1. Testujeme

- Výstupy a vstupy na přípojovacích svorkách pro zákazníka
- Stav silových napětí
- Předepsané funkce regulátorů, popřípadě na jiných řídicích prvcích
- Přechodový odpor, izolační odpor, měření napětím
- Provedení práce (pevnost spojů, estetika, dodržování platných norem apod.)

2.3.2. Seznam častých závad

- Nefunkční prvky
- Nekorektní funkčnost (SW, částečná funkcionalita prvku, parametrizace)
- Přehození vodičů (chyba obsluhy nebo schémat)
- Nevodivé spojení (spoj upevněn přes izolaci)
- Záměna komponentů (například přehození jističe a vypínače)
- Nedostatečně mechanické upevnění vodivých spojů
- Chybí vodivé spoje (chyba obsluhy nebo schémat)
- Není provedeno dle norem (průřez vodičů apod.)
- Upevnění komponentů atd.

2.3.3. Co je potřeba definovat

Obecně testování provedení práce pro ŘJ VCR se k stávající koncepci nemění. Toto platí také pro měření přechodového odporu, izolačního odporu a měření napětím. Změny nastávají u prověřování funkčních stavů, tedy výstupů a vstupů pro zákazníka. ŘJ VCR bude obsahovat všechny stávající funkce a k tomu přibudou ještě další funkce, které vyplynuly z možností produktové řady Climatix. Při samotném testování vstupů a výstupů nás nezajímají hodnoty vodivých propojů k regulátoru, ale samotné vstupy a výstupy pro zákazníka. To znamená, že pro popis napěťových výstupů k testování není potřeba znát hodnoty mezistavů, ale hodnoty samotných výstupů a vstupů do ŘJ VCR. Hodnoty mezistavů nás zajímají až v případě odhalení nekorektní funkce v dané sekci zapojení. Odstraňování chyb v nekorektní sekci propojů lze provádět za pomoci multimetru (fázovky) a není tedy účelné to zařazovat do standardních možností testování vstupů a výstupů, protože by to významně předražovalo případný výstup testovací koncepce. Testujeme samozřejmě pouze funkce, které plynou z výstupů konfigurace pro zákazníka pro aktuální ŘJ.

2.3.4. Popisy funkcí (výstupů) pro testování

Popis funkcí (výstupů) pro testování je uveden v příloze jako soubor xls s názvem:

Příloha 1: Popis funkcí (výstupů) pro testování.xls

2.4. Popis činností výstupní kontroly při testování řídicí jednotky vzduchotechniky VCR-stávající stav.

2.4.1. Úvodní shrnutí

Hlavním výstupem činnosti výstupní kontroly řídicích jednotek je prověřit funkčnost, bezpečnost a spolehlivost všech požadovaných funkcí v závislosti na požadované konfiguraci a prověření, zda je ŘJ vyrobena korektně dle platných českých, evropských a firemních předpisů a norem. Po prověření všech požadovaných stavů se ŘJ předávají dále k balení a expedici.

2.4.2. Popis jednotlivých kroků výstupní kontroly

Příprava ŘJ ke kontrole

Obsluha uchopí ŘJ z předávacího bodu a umístí na místo určené k výstupní kontrole. ŘJ vybírá dle nejnižšího data plánované expedice. Dále z řídicí jednotky za pomoci „aku“ šroubováku odebere ochranný čelní kryt včetně průhledných dvířek a ten přemístí na předepsané místo. Na pracovišti výstupní kontroly se udržuje čistota a je s minimálním počtem náradí a testovacích zařízení potřebných ke kontrole dané ŘJ.

Prověření identifikačních čísel a dokumentace

Z důvodu zamezení možnosti záměny jednotlivých ŘJ je nezbytné, aby obsluha prověřila soulad identifikačních čísel v dokumentaci, na rozvodné krabici a jednotlivých identifikačních štítcích.

Kontrola pevnosti vodivých spojů

Obsluha prověří tahem všechny vodivé spoje v řídicí i silové části. Síla tahu je volena dle průřezu vodiče a komponentu, kde je daný vodič vodivě připojen. Přílišná síla tahu může vést k poškození připojeného prvku k danému vodiči.

Vizuální kontrola barevného značení a průřezu vodičů

Obsluha vizuálně prověří, zda barevné značení vodičů a průřezy vodičů odpovídají českým a evropským platným normám a předpisům. Průřezy vodičů se odvíjí od proudového zatížení dle požadované konfigurace ŘJ.

Vizuální kontrola kompletnosti ŘJ

Obsluha prověří, zda jsou u ŘJ všechny předepsané komponenty například HMI, dokumentace atd.

Vizuální kontrola provedených montážních prací

Zde obsluha vizuálně prověří, zda provedení mechanické přípravy a montáže vodičů odpovídají firemní dokumentaci. Tato dokumentace popisuje nejen technické provedení, ale také je předepsána estetická úroveň provedení jednotlivých montážních činností. ŘJ jako celek musí být nejenom bezpečným, spolehlivým a plně funkčním zařízením, ale musí být také přístupná pro uživatele a přístupná k případným následným rozšiřujícím požadavkům koncového zákazníka.

Vodivé připojení ŘJ k přívodním napětím a testovacím přípravkům

U ŘJ na které má být provedeno testování přepne obsluha všechny ovládací a jistící prvky do stavu stop. Nejdříve připojí testovací přípravek na výstupní připojovací svorky ŘJ a následně připojí také vstupní napětí pomocí připojovacích svorek do ŘJ. Poté zapne centrální vypínač, který je umístěn na pracovním stole, čímž přivede napětí 230V nebo 380V do ŘJ.

Testování všech požadovaných funkcí a stavů

Z důvodu produktivity si obsluha kromě samotného testování také sama nahrává potřebnou konfiguraci do programovatelného regulátoru, popřípadě tento regulátor parametrizuje. Přívodní dokumentace obsahuje podrobný výčet požadovaných výstupů pro zákazníka na základě kterého obsluha testuje všechny požadované stavy. K testování těchto požadovaných stavů využívá testovací přípravek na řízení změn teplot a simulaci poruchových stavů. Pro měření výstupních hodnot využívá multimetr, popřípadě pro světelnou indikaci přítomnosti požadovaného napětí fázovou zkoušečku. Po otestování všech požadovaných výstupů provede obsluha ještě měření izolačního odporu, měření napětí a měření přechodového odporu, a to za pomoci měřicího přístroje CA6110, který je k tomu určený.

Zápis výsledků výstupní kontroly

Výsledky měření z kontrol automaticky zaznamenává měřicí přístroj CA6110 také do své interní paměti. Tyto informace o výsledcích měření jsou po naplnění interní paměti daného měřicího přístroje obsluhou přesunuty na firemní server. Obsluha na konci každého měření také tyto hodnoty zapisuje do předepsaného formuláře, který je následně odeslán zákazníkovi. V tomto formuláři také písemně stvrzuje, že byly otestovány všechny požadované funkce. Vše zaznamenává do firemní dokumentace.

Odpojení ŘJ od testovacích zařízení a přívodního napětí

Po otestování všech požadovaných výstupů vodičů odpojí obsluha zařízení od vstupního napětí a testovacích přípravků, a to v tomto pořadí:

- Přepnutí všech spínacích a ovládacích prvků do polohy stop.
- Přepnutí vypínače kontrolního stolu do polohy stop.
- Fyzické odpojení silových přívodů.
- Fyzické odpojení přívodů k testovacím přípravkům.

Předání ŘJ k balení a expedici

Obsluha pomocí aku šroubováku upevní na rozvodnou krabici ochranný kryt, vloží pod průhledná dvířka průvodní dokumentaci a ŘJ přesune na předávací bod pro balení a expedici.

Řešení neshodných stavů

. V případě, že obsluha najde neshodný stav, učiní o tom zápis do databáze neshod prostřednictvím PC a neshodný stav opraví. V případě, že neshodný stav je návrhového charakteru, přivolá k průběhu kontroly odpovědného elektrokonstruktéra.

3. Návrh metodiky (koncepce) testování řídicí jednotky vzduchotechniky VCR

3.1. Analýza stávajícího stavu – popis nedostatků stávajícího testovacího přípravku

3.1.1. Popis nedostatků stávajících testovacích přípravků

- Složitě testování
- Fyzická námaha při obsluze (nadměrná zátěž zad a nohou při neustálém předklánění dopředu při přepojování vodičů)
- Nelze prověřit všechny funkce u standardních ŘJ VCR.
- Hodnoty jsou zobrazovány pouze indikací LED, bez možností měření výstupů. Požadované výstupní napětí 0-10V je tedy nutné doměřovat za pomoci multimetru. Napětí 230V se „doměřuje“ pomocí fázové zkoušečky. Tyto měření vedou k vícepráci a tím k ztrátám pro firmu.
- Schází vhodné schématické zobrazení – (obsluha mnohdy neví, co vlastně testuje)
- Špatná ergonomie práce
- Přípravky nelze rozšiřovat ani zlepšovat
- Není definován návod k obsluze přípravku

3.1.2. Zhodnocení a doporučení

- Stávající testovací přípravek není vhodný pro testování ŘJ VCR
- Doporučuji zpracovat návrhy možné změny koncepce testování ŘJ VCR

3.2. Prozkoumání možnosti nové koncepce testování ŘJ (Automatizace pomocí PLC– návrh hardwaru a softwaru pro realizaci testeru.)

3.2.1. Prozkoumání možné koncepce automatizace testování.

Případnou změnu koncepce testování (automatizace) nelze vyloučit, dokonce nám v mnoha směrech může přinést pozitivní výstupy. Je zapotřebí nejdříve zhodnotit, kde a v jakém rozsahu lze v teoretické rovině aplikovat automatizaci testovacího procesu. Respektive nadefinovat místa, kde nelze automatizaci plně aplikovat.

Definice kritických míst pro plnou automatizaci:

- Nutnost fyzického přesunování ŘJ VCR obsluhou. Dílna není uzpůsobena k případné montáži dopravníků a je také nízká četnost přesunů ŘJ výrobou. Dopravník v stávající dílně by byl spíše neefektivní překážkou.
- Zapojování svorek testeru k testovacímu zařízení musí provádět obsluha. Toto vychází ze samotné koncepce uložení výstupních a vstupních svorek pro zákazníka včetně stávající koncepce konstrukce svorek. Pokud by koncepce připojování měla být alespoň částečně automatizována, musela by se změnit konstrukce svorek a také by musely být vstupy a výstupy přesně definovány pro všechny typy ŘJ VCR. Koncepce konstrukční změny svorek je realizovatelná, ale problém nastává při snaze sjednotit uložení (pozic) vstupních a výstupních svorek. Hlavním důvodem tohoto problému je vysoká variabilita možných konfigurací ŘJ VCR. Lze to tedy zhodnotit tak, že mírná úspora, která by nastala snížením času pro připojení, by byla těžce předražená, a to použitím zbytečných nezapojených svorek a vysokou modulární obsazeností v AC. Toto by také vedlo k vyšší nespokojenosti zákazníka, protože by musel mít a platit větší rozvodnou krabici pro ŘJ VCR než původně plánoval. Pozitivum pro jednotné uložení svorek je mírně nižší riziko záměny při propojování ŘJ a testovacího zařízení. Na základě tohoto aspektu pro zákazníka neplynou žádné rizika, protože případná záměna je odhalena při testování. Případná drobná úspora času se nemůže rovnat výstupním negativům sjednocovací koncepce.
- Parametrizaci Climatix programovatelných regulátorů musí provádět obsluha. Do regulátorů budou po zpracování zřejmě již při výrobě nahrávány potřebné aplikace, které ale neznamenají přesnou definici výstupů pro zákazníka. Z důvodu vysoké variantnosti bude zapotřebí regulátor před samotným testem ještě parametrizovat.
- Nutná parametrizace testovacích sekvencí. Z důvodu vysoké variantnosti možných funkcionalit doporučuji také aplikovat parametrizaci pro testovací zařízení. Jeden z hlavních důvodů proč je to tak, je riziko přehození vodivého propojení v samotné ŘJ (vadné

schéma nebo chyba elektromontéra). Testovací zařízení bez ohledu na možnou chybu začne stanoveným způsobem sekvenčně provádět kroky, které následně nemusí být vyhodnoceny vždy jako chyba (například přehození poruch-stejný technologický výstup). Dalším silným důvodem je vysoká pravděpodobnost neúměrných nákladů na toto zařízení zejména k předpokládané životnosti produktu.

- Prověření výstupů přes rozhraní modbus na motory. Ideální variantou (pravděpodobně nákladově nejlevnější varianta) je testování přímé. Tedy otestovat zároveň ŘJ VCR a FM.
- Přepínání testovacích sekvencí může být pouze částečně automatizováno. Hlavním důvodem je to, že některé funkční stavy při testování se spouštějí přímo z regulátorů ŘJ. Dalším důvodem je to, že nelze vyloučit chybu záměny vodičů (což se reálně také stává). Tady je zapotřebí, aby vyhodnocení programem bylo také vizuálně u některých specifických kroků prověřeno (například záměna poruch- stejný technologický výstup).

3.2.2. Návrh logiky propojení vstupů a výstupů

Popis možného řešení

Jako vstupem musí být vyjasnění logiky proměňování výstupů a logiky simulace vstupů. Následně z toho vyplynou předpokládané potřeby digitálních a analogových vstupů a výstupů, což jsou významná data při návrhu konfigurace prostředku pro automatizaci. Není nutné se zabývat v této sekci vnitřním popisem aplikace. Pro vyhodnocení pozitiv a negativ pro případný návrh změny koncepce jsou dostatečná data dle obecných popisů řešení.

Logika simulace vstupů a výstupů:

a) Vstup analogový Ni1000.

Lze řešit kaskádou odporových prvků, na které v závislosti na aktuálně testované sekvenci pomocí relé budou přiřazovány vodivé propoje. Jako první odporový člen bude použit trimr, na kterém bude nastaven vstupní odpor 1000Ω , což odpovídá simulaci teploty 0C° . Postupným vodivým propojováním dalších odporů řízených přes relé (spínání řízeno automatem) do série k trimru, budu moci simulovat všechny požadované teploty pro kontrolu. Takto lze prostřednictvím automatu nasimulovat všechny požadované teploty.

Příklad simulace prostorového čidla pro VO:

- Vstup bude nastaven na požadovanou teplotu v našem případě například 20C° .
- Teplota spadne na teplotu 0C° . (vyskočí porucha a ŘJ se vypíná)
- Teplota se změní na hodnotu 12C° , což je o 8C° nižší než požadovaná teplota. (nutno opětovně zapnout ŘJ obsluhou- ŘJ spustí příkaz k vodnímu ohřevu)
- Teplota se změní na hodnotu 23C° což je o 3C° vyšší než požadovaná teplota. (vodní ohřev se vypíná)

- Teplota se změní na hodnotu 30 C° což je 10 C° vyšší než požadovaná teplota. (zapíná se chlazení)
- Tester si vyhodnocuje výstupy automaticky na základě výstupů z ŘJ dle aktuální testovací sekvence.

b) Vstup a výstup analogový 0-10V

Řešení je jednoduché, protože drtivá většina prostředků pro automatizaci podporuje analogový rozsah 0-10V. Měření je jednoduché, také případnou simulaci lze provést jednoduše. Ke všemu stačí připojit pouze dva vodiče bez nutnosti kombinace s relé a jinými prvky.

c) NC kontakt+relé+NO kontakt

Bude provedeno v závislosti na požadovaném napětí. V případě požadovaných 230V lze řešit konfiguraci automatu pro tyto vstupy/výstupy, popřípadě to lze řešit pomocí relé na převod do 24V. Toto neplatí, pokud požadovaný vstup je přiváděn do ŘJ externě. V tomto případě je jedno, kterou hodnotou napětí bude testováno. Spínání a rozpínání v automatu lze řešit jednoduše pomocí funkčních bloků. Je nutno pamatovat na to, že nelze přímo výstupy regulátorů spojovat se vstupy automatu. Docházelo by k neúměrné zátěži regulátorů Climatix, který má tyto kontakty pouze pro účel spínání. Je třeba každé spínání vést přes relé!

d) Kontakty silové 230V

Lze řešit přes relé popřípadě přímou konfiguraci automatu k těmto vstupům.

3.2.3. Stanovení počtu vstupů a výstupů pro konfiguraci PLC

Stanovení počtů potřeb analogových/ digitálních vstupů a výstupů vychází z předpokládané logiky viz předchozí bod. Lze také případné požadavky na vstupy a výstupy 230V AC zaměnit za 24DC, protože to vše lze spínat přes relé. Toto ale samozřejmě povede k navýšení vstupní investice. Výstupní počet vstupů a výstupů je výpočtem navýšen o 15%, a to z důvodu rizika, že bylo na něco pozapomenuto a také nechávat si 5 až 15 % rezervu je *prozíravé*. [1] Úplné zpřesnění informace o vstupech a výstupech lze provést až při samotném návrhu programu pro testování.

Seznam vstupů a výstupů pro konfiguraci PLC je uveden v příloze jako soubor xls s názvem:

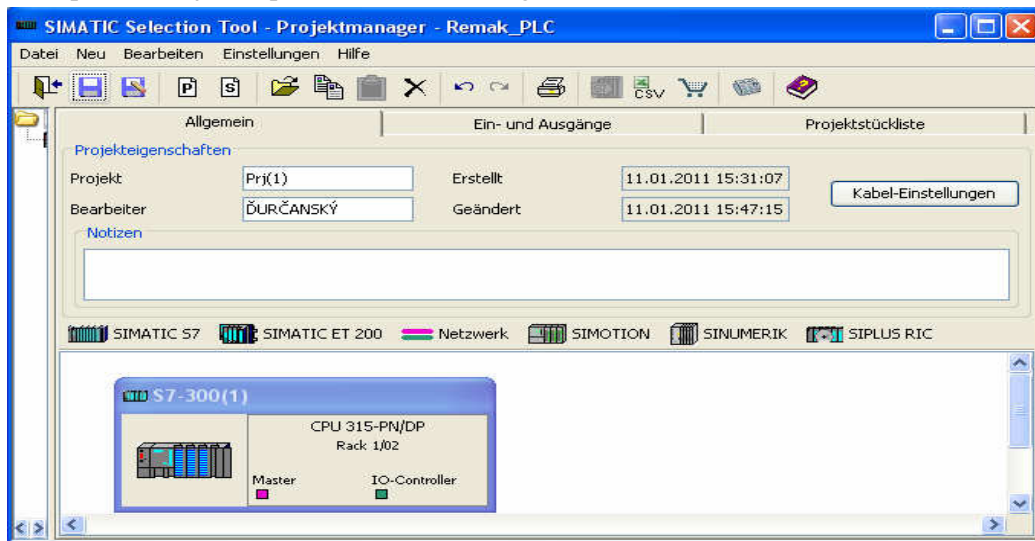
Příloha 2: Seznam vstupů a výstupů pro konfiguraci PLC2.xls

3.2.4. Výběr zařízení pro automatizaci testování.

Pro posouzení vhodné koncepce není potřeba v zásadě srovnávat ceny od různých dodavatelů, protože řešení od jednoho dodavatele bude v podobné cenové relaci jako řešení u jiných dodavatelů.

Výběr a konfigurace PLC

Zde budu vybírat z produktů Siemens zejména v návaznosti na dlouholeté zkušenosti s produkty této firmy, a také v návaznosti na to, že regulátory Climatix nám bude dodávat také firma Siemens. Vybírat budu z produktové řady Simatic dle potřeb vstupů a výstupů a potřeb dle předpokládané složitosti konfigurace. Pro snadný výběr konfigurace jsem využil program *SIMATIC Selection Tool* [3] od firmy Siemens, který je volně běžně k stažení. V případě, že tato koncepce bude zhodnocena jako optimální řešení a zadavatel (firma Remak) bude souhlasit s tímto výstupem, bude provedena ještě optimalizace této konfigurace.



Obrázek 7. Konfigurace PLC Simatic za pomoci konfiguratoru

Order No.	Designation	Quantity
6ES7307-1KA02-0AA0	Load power supply PS 307; AC 120/230V, DC 24V, 10A	1
6ES7315-2EH14-0AB0	Central processing unit CPU315-2 PN/DP	1
6ES7321-1BP00-0AA0	Digital input 64DI, 24V DC; isolated	1
6ES7321-1FH00-0AA0	Digital input module 16 DI, 120/230 V AC; isolated	2
6ES7322-1BL00-0AA0	Digital output 32DO, DC 24V, 0.5A; isolated	3
6ES7331-7KF02-0AB0	Analog input module 8AI, isolated	2
6ES7332-5HF00-0AB0	Analog output 8 AO; 11/12 bit; isolated	2
6ES7365-0BA01-0AA0	Interface module IM 365 with fixed conn. line (1m)	1
6ES7390-1AF85-0AA0	Mounting rail 585 mm	1
6ES7390-1AJ85-0AA0	Mounting rail 885 mm	1
6ES7392-1AJ00-0AA0	Front connector, 20-pole, with screw contact	4
6ES7392-1AM00-0AA0	Front connector, 40-pole, with screw contact	5
6ES7392-1AN00-0AA0	Terminal block, screw-type (2 pcs.)	1
6ES7392-4BB00-0AA0	Connecting cable 1m for 64-channel modules (2 units)	1
6ES7953-8LF20-0AA0	Micro Memory Card for S7-300/C7/IM151 CPU, 64KB	1
6ES7953-8LJ20-0AA0	Micro Memory Card for IM151 CPU and S7-300C, 512KB	1
Project discounts: Automation technology: 0%, Components of motor starter 3RK1: 0%, Drive technology: 0%		

Obrázek 8. Konfigurace PLC Simatic za pomoci konfiguratoru

Vizualizace+komunikace

Již byly vysvětleny důvody pro nutné zásahy v průběhu testování. Tento aspekt si také vynucuje potřebu řešit vhodné prostředí pro zadávání hodnot a zobrazování výstupů. Pro vstupní výpočet k posouzení (vstupní kalkulaci) tedy vybírám vizualizační nástroj Intouch od firmy Wonderware s komunikací prostřednictvím MPI přes Simatic TCP/IP S7-200/-300/-400/-1200 - KEPServerEX OPC Server.

Wonderware InTouch je 32bitový objektově orientovaný grafický software pro vytváření aplikací typu HMI (Human-Machine Interface, tj. rozhraní člověk-stroj) pro sledování a řízení procesů v oblasti průmyslové automatizace pracujících pod operačními systémy Microsoft Windows.
[1]

SW pro programování aplikace

Hlavní výhodou automatizace („poloautomaticke“) je to, že případné změny v požadavcích lze aplikovat bez výraznějších investic, a to za krátkou dobu.

Vývoj SW lze zadat dodavatelsky,

Proč ano dodavatelsky:

- Nemá nutná vstupní investice za SW

Proč ne dodavatelsky:

- Nemá vytvořen programový základ pro testování našich ŘJ (tak jako tomu je u Climatix)
- Dodavatel musí být postupně seznamován s logikou vstupů a výstupů pro jednotlivé funkce (+práce zaměstnance Remak, který se mu musí intenzivně věnovat)
- Nutné testování již při vytváření aplikačních kroků (nutno řešit mimo ranní směnu + zaměstnanec, který se mu musí věnovat)
- Předpoklad je, že celková cena dodavatelským způsobem významně převyšuje investici při vlastní realizaci.
- V návaznosti na potřeby změn aplikace (což je hlavní výhoda této koncepce) je firma pořád závislá na drahých dodavatelských službách.

Proto spíše doporučuji **pořízení vlastního SW a vývoj aplikace pro testování řešit samostatně**. Pro výpočty za účelem vstupní analýzy doporučuji SW Simatic Step7, který pracuje na principu objektového programování a je také vhodný pro řešení požadované aplikace.

Pomocná spínací a propojovací část:

Řešení návrhem plošného spoje DPS, upevnění do plechové krabice, která bude proto navržena a umístěna k pracovnímu stolu. Propojení s PLC bude pomocí přesně nadefinovaných konektorů, bez možností záměny jednotlivých vodičů.

Propojení s ŘJ bude řešeno flexibilně dle aktuální konfigurace za pomoci vstupních svorek a vodičů. Vodiče budou barevně značeny pro vyčlenění jednotlivých okruhů přívodů a vývodů. Vstupy a výstupy budou chráněny usměrňovacími diodami a vhodným typem připojovacích konektorů.

3.2.5. Obecný popis sekvencí testování dle nové koncepce pro ŘJ VCR (poloautomatizace).

- Kontrola provedení práce
- Připojení ŘJ k požadovaným vstupům
- Parametrizace ŘJ
- Parametrizace testeru
- Zapojení zařízení
- Zadávání hodnot (funkcí) pomocí regulátoru Climatix nebo myši prostřednictvím vizualizačního nástroje Intouch na PC
- Zobrazení výsledků na velkém LCD monitoru, který bude umístěn dle ergonomických zásad
- Zadávání sekvence jednotlivých částí testu (souběžné vizuální vyhodnocování)
- Vypnutí a odpojení zařízení
- Zápis výsledků
- Měření přechodového odporu, měření izolačního odporu, měření napětím za pomoci měřicího přístroje CA6110
- Zápis hodnot z měření
- Ukončení testování

3.2.6. Zhodnocení koncepce poloautomatizace (náklady, úspory, návratnost)

Tato koncepce byla navržena s ohledem na specifika ŘJ VCR. Výpočty nákladů budou provedeny na základě výpočtů a odhadů. Je zapotřebí počítat s možnou diferencí výsledku ke skutečnému stavu.

Odhad normy pro testování ŘJ VCR

Dle srovnání předpokladu odchylek v návaznosti na výrobu lze konstatovat, že normu pro testování lze částečně stanovit z ŘJ VCB.

Diference při testování ŘJ VCB a VCR

- U VCR je nutno regulátor parametrizovat + 2min
- Předpoklad nutnosti u ŘJ VCR testovat více funkčních stavů + 5 min

Průměrná norma pro testování ŘJ VCB: 30 min/ŘJ

Norma po aplikaci poloautomatizace na testování (celková kontrola) ŘJ VCR = $30+7-4 = 33\text{min}$

Výpočet nákladů, úspor a návratnosti

Jednotlivé výpočty jsou uvedeny v příloze jako soubor xls s názvem:

Příloha 3: Výpočet (náklady, úspory a návratnost)-varianta PLC.xls

Vyhodnocení pozitiv a negativ

Přínosy poloautomatizace:

- Vysoká úroveň modernizace stávající koncepce testování.
- Možnost změn aplikace bez nutnosti významných investic do materiálových položek.
- Automatizace některých sekvencí kontrol (úspora času)
- Lepší ergonomie (úspora času)
- Lze testovat všechny funkce ŘJ VCR
- Předpokládaná nízká poruchovost – srovnání se stávajícím stavem
- Nižší fyzická zátěž obsluhy

Negativa koncepce:

- Nutno parametrizovat testovací zařízení (čas navíc)
- Odhad návratnosti je až za cca 95 měsíců (8 let)- není možné předpokládat objem prodeje na tak dlouhé období
- Firma Remak nemá praktické zkušenosti s touto koncepcí testování k produktům ŘJ
- Vysoká vstupní investice 354 000 Kč
- Pomalé odezvy

3.3.Prozkoumání možností testování ŘJ optimalizací dle stávající koncepce

K účelu zhodnocení je dostatečný obecný popis koncepce (testeru).

3.3.1. Generování konceptů řešení

Jednotlivé koncepty které byly vygenerovány, jsou uvedeny v příloze jako soubor xls s názvem:

Příloha 4: Generování konceptů řešení.xls

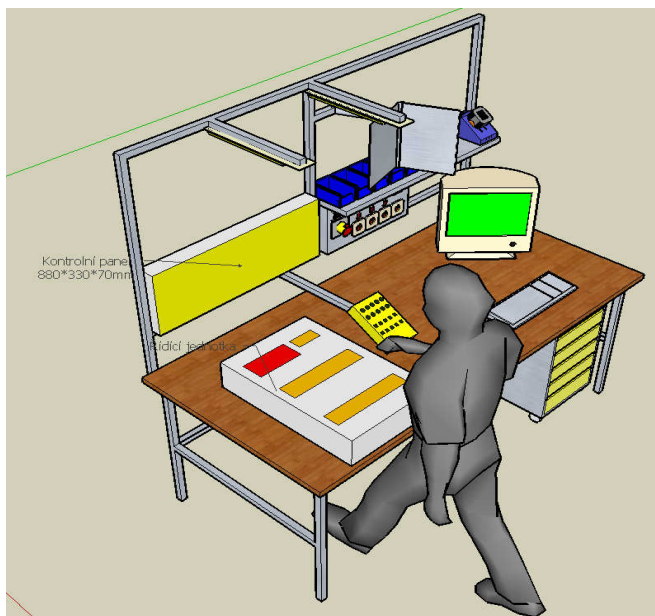
3.3.2. Výběr konceptu řešení:

	Rychlost odezvy	Předpokládaná investice	Schématické zobrazení	Náročnost pro údržbu	Ergonomie	Snadná obsluha	Fyzická námaha při obsluze	Mobilita zařízení	Přístupné ovládání	Možnost prověření všech výstupů u standardních ŘJ	Možnost prověření silového napětí	Možnost změn	Omezení pracovního prostoru	
Dle základní charakteristiky:														
Pevně umístěný panel s ovládáním (pomocí relé + IO+spínače a pod)-stávající koncepce+doplnění funkcionalit	1	1	1	2	9	7	2	9	9	1	1	8	1	52
Vysouvací panel i s ovládáním (pomocí relé + IO+spínače a pod)	1	3	1	2	4	5	2	3	5	1	1	8	3	39
Výklopný panel i s ovládáním (pomocí relé + IO+spínače a pod)	1	2	1	2	7	5	2	5	7	1	1	8	5	47
Pevně umístěný panel + samostatné ovládání volně vedle ŘJ (pomocí relé + IO+spínače a pod)	1	2	1	3	5	2	2	2	3	1	1	6	4	33
Pevně umístěný panel + samostatné ovládání na mobilním ramenu (pomocí relé + IO+spínače a pod)	1	3	1	2	1	2	1	2	1	1	1	6	2	24
Panel i s ovládáním volně vedle ŘJ (pomocí relé + IO+spínače a pod)	1	1	1	3	5	5	2	2	5	1	1	8	9	44

Obrázek 9.Výsledky zhodnocení-propočty řešení ve firmě

3.3.3. Obecný popis koncepce nového testeru:

- Jednoduchá obsluha (řídicí panel oddělen od zobrazovacího panelu).
- Přístupné ovládání přímo po pravici obsluhy.
- Možnost prověření všech výstupů u standardních ŘJ VCR.
- Zobrazení výstupních hodnot analogově voltmetry a indikací LED
- Schématické zobrazení průběhu
- Bezúdržbové zařízení
- Mobilita. (Řídicí panel bude na pohyblivém rameni a obsluha si ho bude moci přizpůsobit ke své postavě a typu testované ŘJ.)
- Signalizace poruchových a provozních stavů pomocí LED indikace
- Ergonomie. (Umístění řídicího panelu a zobrazovacího panelu je navrženo dle ergonomických zásad)
- Záznam o provedení kontrol poruch pomocí paměťových relé a LED indikace (centrální nulovací tlačítko na řídicím panelu).
- Omezení poruchovosti ke stávajícím přípravkům.



Obrázek 10. Zobrazení koncepce ve 3D

3.3.4. Závěrečné zhodnocení koncepce:

Odhad normy pro ŘJ VCR

Dle srovnání předpokladu odchylek v návaznosti na výrobu lze konstatovat, že normu pro testování lze částečně stanovit z ŘJ VCB.

Diference při testování ŘJ VCB a VCR

- U VCR je nutno regulátor parametrizovat + 2min
- Předpoklad nutnosti u ŘJ VCR testovat více funkčních stavů + 5 min

Průměrná norma pro testování ŘJ VCB: 30 min/ŘJ

Norma po aplikaci optimalizace výrobou nového testeru na testování (celková kontrola)ŘJ
 $VCR = 30 + 7 - 3 = 34 \text{ min}$

Výpočty nákladů, úspor a návratnosti

Celkový výpočet:

Jednotlivé výpočty jsou uvedeny v příloze jako soubor xls s názvem:
 Příloha 5: Výpočet (náklady, úspory a návratnost).xls

Výpočet úspor ergonomie:

Výpočet je uveden v příloze jako soubor xls s názvem:

Příloha 6: Výpočet úspor změnou ergonomie.xls

Náklady na opravy za rok 2010:

Opravy přípravků za rok 2010: 1195min = 20hod = 4000Kč/rok + cca 1000Kč/rok materiál na opravy.

Vyhodnocení pozitiv a negativ

Přínosy nového testeru dle stávající koncepce:

- Výborná ergonomie (úspora času)
- Lze testovat všechny funkce ŘJ VCR
- Předpokládaná nízká poruchovost
- Nízká vstupní investice 15300Kč
- Předpokládaná návratnost do 6 měsíců
- Lze také aplikovat na ŘJ VCB a WBC
- Rychlé odezvy - přechody relé
- Známá koncepce testování - lépe lze stanovit (předpokládat) očekávané výsledky
- Nižší fyzická zátěž obsluhy

Negativa koncepce:

- Testování dle **zastaralých trendů**
- Změny funkcionalit lze provádět omezeně, komplikovaně a nákladně.

3.4. Výběr koncepce pro testování ŘJ vzduchotechniky VCR

Na základě dvou návrhů řešení které jsem předložil, bylo provedeno zhodnocení a výběr řešení. Jako aktuálně nejvhodnější varianta byla vybrána optimalizace testování dle stávající koncepce výrobou nového testeru.

4. Návrh a realizace testeru.

Výběr vhodné koncepce byl definován v bodě 3.3. „Prozkoumání možností testování ŘJ optimalizací dle stávající koncepce“. Předpokládal jsem, že řešení bude obsáhlé, proto jsem z praktických důvodů návrh realizace testeru rozčlenil do několika sekcí.

Sekce byly rozděleny dle jednotlivých funkčních a konstrukčních celků. Výstupy pro konstrukční části byly vzhledem k povaze zadání práce popsány pouze stručně a obecně.

4.1. Návrh funkční části řídicího panelu

Funkční část řídicího panelu tvoří soubor součástí umístěných na DPS, za pomoci kterých je možno řídit hodnoty teplot jednotlivých součástí klimatizace. Dále bylo zde zapotřebí zajistit možnost řízené simulace jednotlivých poruchových čidel, které tvoří také součást klimatizace.

4.1.1. Stanovené cíle

- Potenciometry s vhodnými hodnotami
- Přiměřená síla pro změnu stavu teploty za pomoci potenciometrů
- Malé
- Lehké
- Levné
- Světelná indikace řízení simulace jednotlivých poruch
- Možnost signalizace čidel na měřicím panelu
- Lehko ovladatelné (přístupné) spínače a potenciometry
- Prostorné spínače
- Dostatečný vzájemný prostor mezi řídicími komponenty
- Snadné a pevné upevnění k nosní (krycí) konstrukci
- Snadné připojení k měřicímu panelu
- Snadný servis zařízení (bezúdržbové)

4.1.2. Návrh řešení (realizace stanovených cílů)

• **Potenciometry s vhodnými hodnotami**

Pro naplnění tohoto cíle bylo nutno nejdříve stanovit si parametry, které jsou pro dané řešení důležité a až následně samotné hodnoty jednotlivých požadovaných parametrů. Nejdůležitější parametr, který byl zapotřebí naplnit (dodržet), je hodnota odporu daného potenciometru. Při stanovení tohoto požadavku jsem vycházel z obecné teorie vstupů čidel Ni1000, které tvoří převážnou část teplotních čidel klimatizace Remak. U těchto čidel je dáno, že 0°C je definováno odporem 1000Ω a každým nárůstem odporu o cca 4,5 Ω dojde k navýšení detekce teploty o 1 °C. Potřebný rozsah pro otestování všech požadovaných funkcí je -20 °C až do cca 50 °C. Potřebný rozsah odporu potenciometru jsem tedy stanovil jednoduchým výpočtem.

$$-20\text{ °C} = 1000 - (20 * 4,5) = 1000 - 90 = 910\text{ }\Omega$$

$$40\text{ °C} = 1000 + (40 * 4,5) = 1000 + 225 = 1225\text{ }\Omega$$

Z praktického hlediska nebylo vhodné potenciometr dimenzovat na maximální hodnotu vypočteného odporu, což je 1225 Ω, protože při řízení teploty za pomoci daného potenciometru by se velice obtížně nastavovala požadovaná hodnota teploty s patřičnou tolerancí, to by vedlo ke zbytečným časovým ztrátám při práci s těmito potenciometry. Jako vhodné řešení jsem tedy umístil do série před potenciometr odporník o velikosti 800 Ω a požadovaná hodnota potenciometru se tedy změnila z 1225 Ω na hodnotu min. 425 Ω. Při samotné volbě hodnoty daného odporníku

jsem musel dodržet jedno zásadní pravidlo a to, že hodnota daného odporníku nesmí překročit vypočtenou minimální požadovanou hodnotu odporu $910\ \Omega$!!!

Další čidla, která budou v omezené míře použity, jsou čidla s technologickým napětovým vstupem 0-10V. Tato čidla indikují změnu teploty (nebo jiných parametrů) v závislosti na změně napětí. Nutno je proto zajistit možnost řízení napětí 0 až 10V. Pro tento účel jsem zvolil potenciometry o hodnotě odporu $10\text{k}\ \Omega$

Dalším požadovaným parametrem daných potenciometrů je lineární průběh změny odporu potenciometrů. Z praktického hlediska je podstatně jednodušší nastavovat lineárně se měnící hodnoty lineárním průběhem. Linearitu potenciometrů lze dodržet správnou volbou při výběru vhodných potenciometrů.

- **Přiměřená síla pro změnu stavu teploty za pomoci potenciometrů**

V průběhu testování obvykle nejsou činné všechny čidla, ale pouze čidla dle požadované konfigurace. Toto se neustále mění se změnami konfigurace. Znamená to, že u testeru bude potřebné řídit teploty u ŘJ s různým počtem a typem čidel. Proto je vhodné, aby požadovaná teplota u všech řízených teplot zůstala nastavena na úrovni cca $20\ ^\circ\text{C}$. Pokud by tomu tak nebylo, operátor testeru by musel neustále při startu testování upravovat vstupní teplotu, což by vedlo ke ztrátovým časům. Z praktického hlediska je tedy vhodné, aby nastavení správné polohy potenciometru nešlo moc lehce. Vhodnější je, aby potenciometr změnil polohu za pomoci větší síly. Toto byl další parametr, který hrál významnou roli ve výběru vhodných typů potenciometrů.

- **Malé**

Řídicí panel je umístěn po pravici obsluhy v pracovním prostoru. Proto je nezbytné, aby toto zařízení bylo co možná nejmenší. Pro zajištění tohoto cíle byla provedena optimalizace za pomoci simulace vzájemné vzdálenosti tlačítek pro řízení poruch a vzájemné vzdálenosti potenciometrů pro řízení hodnot teploty a jiných fyzikálních jevů. Tato vzdálenost by měla být co nejmenší, ale přitom taková, aby nedocházelo ke vzájemné kolizi jednotlivých řídicích prvků při manipulaci. Pro lepší optimalizaci prostoru bylo použito oboustranné DPS.

- **Lehké**

Řídicí panel byl upevněn na nosném rameni, které se pohybuje vertikálně oběma směry. Není tedy vhodné, aby řídicí panel byl zbytečně těžký. To je také jeden z důvodů, proč jsem zdroj napětí 10VDC pro řízení 0 až 10VDC neumísťoval přímo jako součást řídicího panelu.

- **Levné**

Při výběru součástek kromě potřebných parametrů jsem se také zaměřoval na jejich cenu a cenu dopravy. Není správné pravidlo, že to nejdražší musí být v zásadě pro daný účel to nejlepší.

- **Světelná indikace řízení simulace jednotlivých poruch**

Řízení poruch se provádí pomocí rozpojení kontaktů. Kontakty jsou rozpojovány za pomoci spínačů Multimec řady 3E, které následně vyvolají potřebnou poruchu. Jednotlivé poruchy jsou

vyvolávány s různým časovým zpožděním. Proto bylo dobré sepnutí spínačů na řídicím panelu indikovat zvukově nebo světelně. U tohoto řídicího panelu je to řešeno za pomoci výše zmíněných spínačů, které byly záměrně pootočený o 45° a do každého rohu byla umístěna LED dioda. Použitím vhodného světelně vodivého hmatníku jsem dosáhl požadované světelné indikace řízení poruch. Samotné rozsvícení LED si vyžaduje napětí a proud, který nelze získat přímo ze spínacích kontaktů poruch, proto také poruchy jsou spínány přes 2 pólové relé, kde je přivedeno napětí ze zdroje 24VAC. Proč bylo použito právě toto napětí bude vysvětleno v části pro měřicí panel.

- **Možnost signalizace čidel na měřicím panelu**

Při testování je potřebné, aby obsluha testeru měla přehled o použitých čidlech u dané konfigurace. Toto bylo řešeno speciálním požadavkem při výběru potenciometrů. Každý použitý potenciometr má jako pevnou konstrukční součást spínač, na který jsem přivedl napětí ze zdroje 24VAC. Výstup ze spínače jsem přivedl na požadované LED, které tím světelně indikují použití daných čidel.

- **Lehce ovladatelné (přístupné) spínače a potenciometry**

Spínače a potenciometry byly umístěny na DPS jako součást řídicího panelu tak, aby byly přístupné po pravici obsluhy dle ergonomických zásad. Tímto opatřením se dosáhne nejenom lepší ergonomie vedoucí ke snížení fyzické zátěže obsluhy, ale také významných úspor při produktivitě práce.

- **Prostorné spínače**

Z praktického hlediska je nevhodné použití drobných nebo zbytečně velkých spínačů. Jako optimální řešení byla zvolena velikost ovládací části spínačů dle rozměru (šířky) lidského prstu, což je cca 15mm. Tento požadovaný rozměr byl dosažen výběrem správné velikosti hmatníku k danému typu spínačů.

- **Dostatečný vzájemný prostor mezi řídicími komponenty**

Pro zajištění tohoto cíle byla provedena optimalizace za pomoci simulace vzájemné vzdálenosti polohy řídicích komponentů. Tato vzdálenost by měla být co nejmenší, ale přitom taková, aby nedocházelo ke vzájemné kolizi jednotlivých řídicích prvků při manipulaci.

- **Snadné připojení k měřicímu panelu**

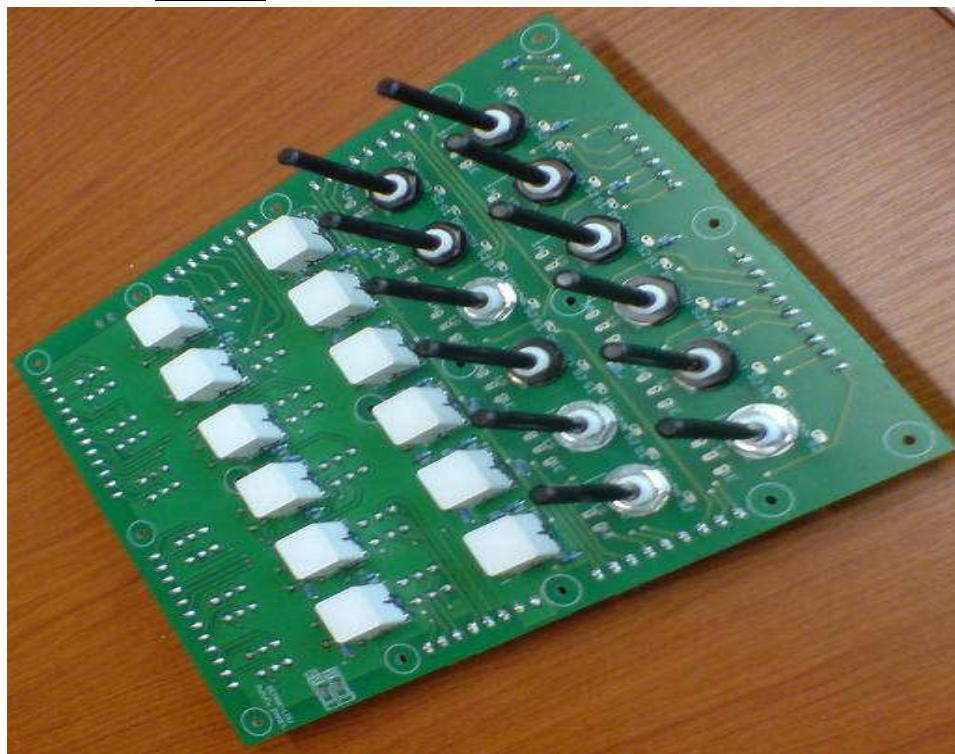
Řídicí panel je pevně připojen, není tedy nutné použití propojovacích speciálních konektorů. Nutno bylo ale zajistit možnost rozpojení bez nutnosti pájení pro případné servisní zásahy. Toto bylo řešeno použitím vhodných připojovacích svorek.

- **Snadný servis zařízení (bezúdržbové)**

Prvotním cílem bylo mít bezúdržbové zařízení. Toto bylo zajištěno použitím co možná nejspolehlivějších součástek s přihlédnutím na pořizovací cenu. Také při samotném návrhu DPS jsem se řídil pravidly popsány v knize „*Návrh a konstrukce DPS – principy a pravidla*“

praktického návrhu“[4]. Je samozřejmě zapotřebí myslet i na možnost případného servisního zásahu, i když primární cíl je bezúdržbové a bezporuchové zařízení. Proto bylo zařízení koncipováno tak, aby bylo jednoduše rozebíratelné a prověřitelné.

4.1.3. Výstupy



Obrázek 11. Osazený řídicí panel

Zdrojový soubor včetně schéma zapojení je uvedeno v příloze s názvem:
Příloha 7: Zdrojový soubor Eagle+schéma pro řídicí panel

4.2. Návrh konstrukce řídicího panelu

4.2.1. Stanovené cíle

- Levné
- Pevné
- Spolehlivé
- Přizpůsobeno nosnému pohyblivému ramenu od Alutec K&K a.s.
- Možnost nastavení (natočení) polohy
- Jednoduchá montáž a demontáž krycího plechu
- Možnost aretace polohy
- Hmatníky Foilneck musí přecházet alespoň 2 mm
- Bezpečný průchod pro přívodní kabel
- Čitelnost a stálost popisů.
- Dostatečná izolační vzdálenost spojů od krycí konstrukce

4.2.2. Návrh řešení (realizace stanovených cílů)

- **Levné**

Bylo zajištěno výrobou přímo v Remaku. U zakázkové výroby v jiné firmě lze předpokládat neúměrné navýšení nákladů.

- **Pevné**

Pro konstrukci byla zvolena síla plechu 1mm a typ ral bílý. Nosná konstrukce je tvořena ze dvou do sebe zapadajících dílů (tvar U), které se stanovenou šířkou materiálů budou tvořit dostatečně pevný krycí a nosný obal.

- **Spolehlivé**

Krycí konstrukce je dostatečně pevná s nanesenou bílou barvou, která zajišťuje ochranu před vznikem koroze. Zařízení je použito v dílně, tedy ve vnitřních prostorách, kde materiál není nadměrně namáhán změnou povětrnostních vlivů.

- **Přizpůsobeno nosnému pohyblivému ramenu od firmy Alutec K&K a.s.**

V konstrukci ve středové ose byly umístěny otvory přizpůsobené kloubovému spoji pro profil 45x45, na který byla tato konstrukce pomocí šroubu M8 upevněna.

- **Možnost nastavení (natočení) polohy**

Bylo zajištěno pomocí kloubového spoje pro profil 45x45.

- **Jednoduchá montáž a demontáž krycího plechu**

Krycí plech a výběr součástí byl proveden tak, že při odnímání čelního krytu nejsou ke krytu připevněny žádné vodiče ani jiné nadbytečné spojovací prvky. Pro dostatečné mechanické zajištění čelního krytu byly v rozích použity 4 šrouby M3.

- **Možnost aretace polohy**

Bylo zajištěno pomocí kloubového spoje pro profil 45x45.

- **Hmatníky Foilneck musí přecházet alespoň 2 mm.**

Z tohoto důvodu byly umístěny potenciometry, relé a přívodní svorky ze spodní strany DPS. Požadovanou vzdálenost čelního krytu k DPS nám zajišťují distanční sloupky o velikosti 8mm.

- **Bezpečný průchod pro přívodní kabel**

Přívodní kabel byl k řídicímu panelu přiveden pomocí průchodky, která je umístěna na spodní části krycího plechu.

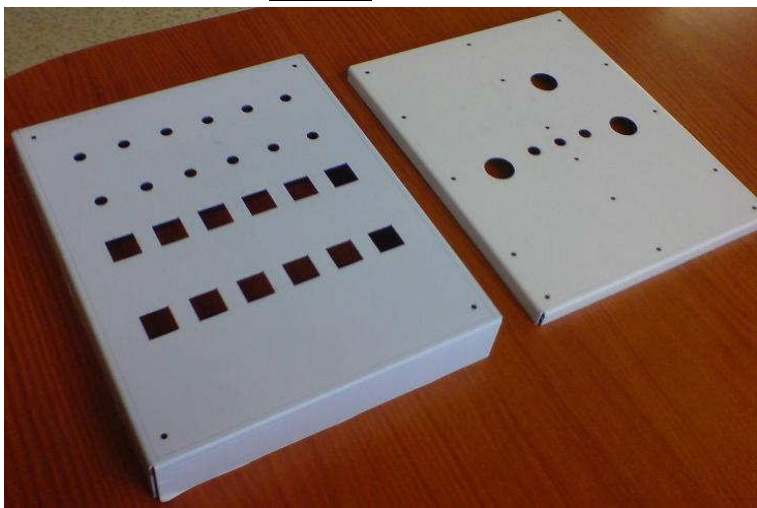
- **Čitelnost a stálost popisů.**

Popisy byly umístěny na jedné barevné nálepce, která byla opatřena průhlednou ochrannou fólií. Velikost a obsáhlost textu byla navržena tak, aby byla k předpokládané vzdálenosti použití dostatečně čitelná.

- **Dostatečná izolační vzdálenost spojů od krycí konstrukce**

Požadovaná izolační vzdálenost krytů k vodivým částem DPS je zajištěna pomocí distančních sloupků o velikosti 8mm a 25mm.

4.2.3. Výstupy



Obrázek 12. Krycí konstrukce pro řídicí panel



Obrázek 13. Řídicí panel s popisy

Zdrojové soubory (modely a výkresy) jsou uvedeny v příloze s názvem:
Příloha 8: Krycí konstrukce pro řídicí panel (Solid Works 2006)

Zdrojový soubor je uveden v příloze jako soubor cdr s názvem:
Příloha 9: Nálepka pro řídicí panel (Corel DRAW)

4.3. Návrh konstrukce nosného ramene pro řídicí část

4.3.1. Stanovené cíle

S ohledem na prověřenou spolehlivost konstrukčních prvků Alutec K&K a.s., s ohledem na nadbytek konstrukčních dílů Alutec K&K a.s. a předpokládané investici, byl proveden výběr konstrukčních prvků od této firmy z katalogu „*Hliníkový konstrukční systém 3D*“ [10].

- Levné
- Lehké
- Pevné
- Spolehlivé
- Nosnost
- Možnost nastavení (natočení) všemi směry
- Jednoduché nastavování polohy
- Možnost aretace polohy
- Přizpůsobitelné k pracovním stolům z konstrukčních prvků z Al 45x45mm
- Možnost úschovy přívodních kabelů (ochrana)

4.3.2. Návrh řešení (realizace stanovených cílů)

- **Levné**
Bylo dosaženo využitím části komponentů, kterých má firma nadbytek.
- **Lehké**
Hlavní část konstrukce byla tvořena z materiálů Al, které se vyznačují nízkou hmotností
- **Pevné**
Konstrukční prvky z Al byly navrženy a rozměrově odstupňovány tak, aby spolehlivě vydržely požadovanou pevnost (nosnost).
- **Spolehlivé**
Konstrukční prvky od firmy Alutec K&K a.s. ve firmě využíváme již několik let, a tedy ze zkušeností je lze označit za spolehlivé.
- **Nosnost**
Z důvodu požadované nosnosti bylo hlavní nosné rameno navrženo s podpěrrou, která významně navýšila nosnost tohoto ramena.

- **Možnost nastavení (natočení) všemi směry**

Bylo zajištěno za pomoci kloubových spojů, které byly upevněny na obou stranách nosného ramene a tím byla zajištěna možnost nastavení všemi směry. Tyto komponenty nám také umožňují přesunout celou nosnou konstrukci na libovolné místo nosné konstrukce stolu pro výstupní kontrolu ŘJ.

- **Jednoduché nastavování polohy**

Pro naplnění tohoto cíle byla vybrána aretační klička, za pomoci které půjde jednoduše nastavovat požadované pozice ramena.

- **Možnost aretace polohy**

Aretační kličky nám také umožňují jednoduše pevně zajistit požadovanou polohu.

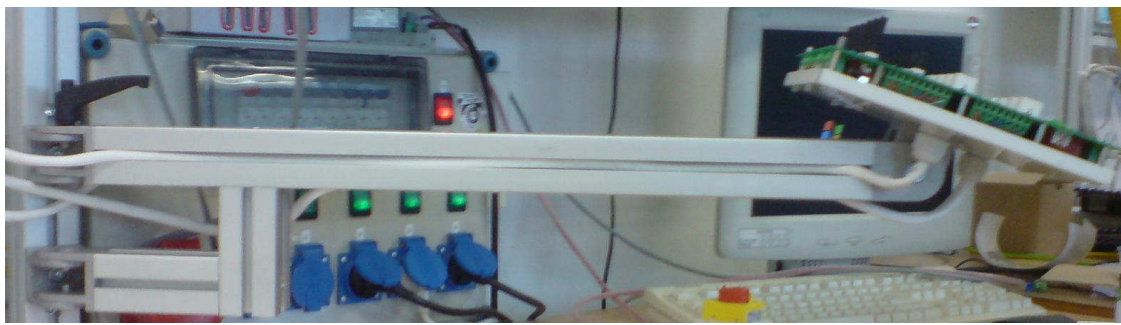
- **Přizpůsobitelné k pracovním stolům z konstrukčních prvků z Al 45x45mm**

Bylo zajištěno výběrem komponentů z konstrukční sady přímo od firmy Alutec K&K a.s..

- **Možnost úschovy přívodních kabelů (ochrana)**

Nosné rameno z lehkého profilu 45x45mm má v sobě 4 drážky o velikosti 10 x 10 mm, do kterých byly jednoduše kabely pevně a esteticky uschovány. Drážky nám zajišťují také ochranu přívodního kabelu proti náhodnému poškození, nebo proti opotřebení provozním pohybem nosného ramene.

4.3.3. Výstupy



Obrázek 14. Nosné rameno pro řídicí panel

4.4. Návrh funkční části měřicího panelu

4.4.1. Stanovené cíle

- Možnost přímého měření napětí 0 až 10VDC
- Možnost měření napětí 0 až 10VDC pomocí indikací LED
- Levné
- Paměťový záznam testovaných poruch

- Světelná indikace jednotlivých poruch
- Světelná indikace jednotlivých čidel
- Světelná indikace jednotlivých stavů provozních funkcí (včetně napětí)
- Schematické zobrazení průběhu
- Světelná indikace (simulace) pohybu čerpadel a motorů
- Snadné a pevné upevnění k nosní (krycí) konstrukci
- Snadné připojení k perifériím
- Snadný servis zařízení (bezúdržbové)
- Vhodný stabilizovaný zdroj

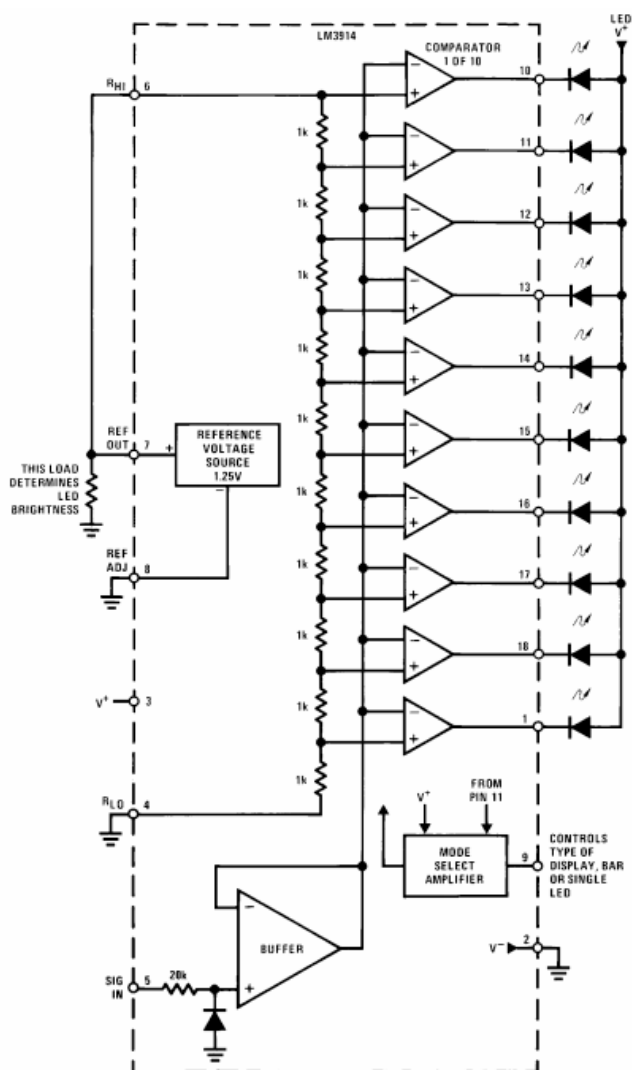
4.4.2. Návrh řešení (realizace stanovených cílů)

- **Možnost přímého měření napětí 0 až 10VDC**

Doposud bylo měření jednotlivých funkčních výstupů prováděno za pomoci multimetru. Toto je z pohledu produktivity práce značně neefektivní, protože obsluha neustále v průběhu testování připojuje a odpojuje nějaké měřicí vodiče a s tím je spojená neustálá změna manipulace s daným multimetrem a v neposlední řadě změna pozornosti obsluhy. Nový tester obsahuje panelové analogové voltmetry, které byly samostatně připojeny pro každou požadovanou funkci. Analogové voltmetry jsou vhodné jako měřicí přístroje s rychlým orientačním odečtem naměřené hodnoty, tedy pro plynulé sledování nárůstu nebo poklesu požadovaného DC napětí (sledování trendů). Tyto pozitiva analogových měřících přístrojů korespondují s požadavky, které jsou kladeny na daná měření při testování jednotlivých funkcí a proto byly vybrány.

- **Možnost měření napětí 0 až 10VDC pomocí indikací LED**

Pro naplnění tohoto cíle byl použit *lineární budič*[5] od firmy Semiconductor s názvem LM3914 a LED 10 v můstku od společnosti Siemens. Lineární budič je složen z 10 komparátorů, které mají připojený vývod na vstupní signál. Druhý vývod komparátorů je připojen k řadě odporů o hodnotě 1k. Pro účel měření 0 až 10 VDC bylo přivedeno napětí 10VDC ze stabilizovaného zdroje na kontakt číslo 6(RHI), protože přivedené napětí na tento kontakt určuje rozsah měření. Pro možnost úpravy rozsahu měření byl ke kontaktu 6 také připojen trimr, kterým lze dostavit horní hranici rozsahu měření. Pin číslo 4 (RLO) byl záměrně připojen na zem, tím byla stanovena dolní hranice rozsahu měření na 0VDC. Základním pravidlem pro správné indikování napětí je to, že napájecí napětí musí být minimálně o 1,5V vyšší, než horní hranice rozsahu měření. Výhodou tohoto budiče je také regulace výstupního proudu směřujícího do diod, lze se tedy efektivně vyhnout použití předřazených odporů před led diody. Ke kontaktu 7 byl připojen odporník, který nám zajišťuje potřebný jas diod. Je možno tady použít i trimr, kde lze intenzitu jasu (proudu) nastavovat v rozsahu 2-30mA. K pinu 9 bylo přivedeno (i k pinu 3) napájecí napětí ze stabilizovaného zdroje. Pin 9 má zde úlohu přepínače funkce zobrazení z módu postupný na bodový. Pro testování ŘJ je vhodnější postupný mód zobrazení hodnot a proto bylo přivedeno napájecí napětí napevno, bez možnosti odpojení pinu 9 od zdroje. Vstupní signál, který je přiveden na pin číslo 5 je přizemněn pomocí analogového voltmetru, který s daným pinem sdílí společný kontakt. Tímto opatřením jsem se vyhnul případné indukci rušivého napětí na vstupní pin 5, které by mohlo vést k významnému zkreslení výsledků světelné indikace hodnot napětí.



Obrázek 15. Blokové schéma LM3914[5]

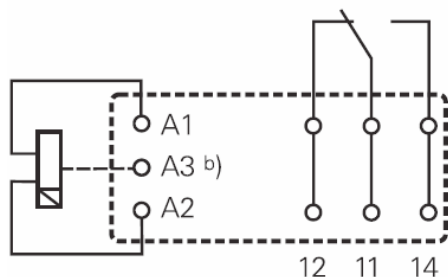
- **Levné**

Při výběru součástek kromě potřebných parametrů jsem se také zaměřoval na jejich cenu a cenu dopravy.

- **Paměťový záznam testovaných poruch**

Byl zajištěn použitím *polarizovaných bistabilních relé*[6] od firmy Schrack typ RT314F24. Bistabilní relé se vyznačují tím, že po přivedení napětí na spínací (rozpínací) cívku i po odpojení napětí zůstanou ve stabilní poloze. Toto je funkčně zajištěno použitím dvou cívek, ze kterých je jedna spínací a druhá rozpínací. Také lze zde využít bistabilní relé značky Kamisiwa (nebo i jiných značek), ale pořizovací cena byla ve srovnání s výrobkem fy Schrack značně vyšší a také je nutno mít samostatné příводы pro všechny 4 piny cívek. U typu RT314F24 mají cívky společný pin A3, na který se přivádí společné +. Na piny A1 a A2 se přivádí zem (GND) pro sepnutí a rozepnutí. Při testování poruch se po každém provedeném testu rozsvítí příslušná LED, která je určena pro danou

poruchu. Každá porucha má svoje bistabilní relé, pomocí kterého je indikačně proveden záznam o provedení daného testu. Po ukončení testování obsluha stlačí tlačítko nulování paměti, které bylo umístěno na řídicím panelu. Po aktivaci tohoto tlačítka je přivedena zem na všechny bistabilní relé v obvodu k rozpínacím kontaktům. Tím je docíleno zhasnutí led, tedy vynulování paměťového záznamu testovaných poruch.



Obrázek 16. Blokové schéma RT314F24[6]

• Světelná indikace jednotlivých poruch

Kromě paměťového záznamu je třeba také zobrazovat aktuální stav všech poruch. Při testování obsluha prověřuje, zda řízené poruchy korespondují s výstupy řídicí jednotky. Každá řízená aktivace nějaké poruchy musí vyvolat reakci řídicí jednotky, která se odvíjí od typu dané poruchy. Zobrazení poruch bylo provedeno světelnou indikací za pomoci led diod, které byly uloženy na měřicím panelu schématicky, dle skutečné pozice v rámci celé klimatizační jednotky. Každá led dioda má svůj předřazený odporník, kterého hodnota je stanovena výpočtem. Výpočty předřazených odporníků bylo potřeba provést nejenom u signalizace poruch, ale také u všech ostatních led diod. K tomu byla vytvořena tabulka xls. se vzorci, za pomoci kterých byly vypočítány potřebné hodnoty pro odporníky (odpor a výkon). Pro vstup napětí na rozsvícení led byl využit výstup z řídicího panelu, kde při řízené aktivaci poruchy je prostřednictvím dvou pólového relé přivedeno potřebné vstupní napětí.

Jednotlivé výpočty (včetně vzorců) jsou uvedeny v příloze jako soubor xls s názvem: Příloha 10: Výpočet předřadného odporu.xls

• Světelná indikace jednotlivých čidel

U čidel pro technologický vstup Ni1000 byla signalizace provedena pomocí led diod, které byly umístěny schématicky, dle pozice v rámci celé klimatizační jednotky. Jako přívod napětí byl použit výstup z řídicího panelu, který je aktivní v případě aktivace daných čidel za pomoci vypínačů, které tvoří pevnou součást potenciometrů. U čidel pro technologický vstup 0 až 10VDC byla signalizace provedena za pomoci led diod, které jsou také umístěny schématicky a napětí na ně je přivedeno z řídicího panelu při aktivaci daných čidel. Na rozdíl od čidel s technologickým vstupem Ni1000 je zde navíc také provedeno zobrazení hodnot za pomoci voltmetrů, které byly také umístěny dle schématického rozložení. V praxi to tedy funguje tak, že při nárůstu napětí se začne postupně rozsvěcovat led dioda a zároveň je hodnota zobrazena na analogovém voltmetru. Pro vyhodnocení není důležitá přesná hodnota napětí, ale spíše trend nárůstu a poklesu napětí, proto

také byly pro tento účel použity analogové voltmetry a ztráty v tomto směru jsou pro nás zanedbatelné.

- **Světelná indikace jednotlivých stavů provozních funkcí**

Provozní funkce byly indikovány za pomoci LED diod (nebo Led můstku), které tvoří schématickou součást klimatizace na měřícím panelu. Tyto diody jsou aktivovány za pomoci výstupů z řídicí jednotky, které mají různý technologický charakter. Obecně lze ale popsat, že značná část je zobrazena za pomoci led, ke kterým je přivedeno vstupní napětí z jednopólových nebo dvoupólových relé, které jsou spínány za pomoci cívek dle napětí technologických výstupů z řídicí jednotky. Významná část provozních funkcí má také technologický výstup 0 až 10VDC. Zde je světelná indikace provedena led můstky, které jsou aktivovány za pomoci *lineárních budičů* [5] od firmy Semiconductor s názvem LM3914.

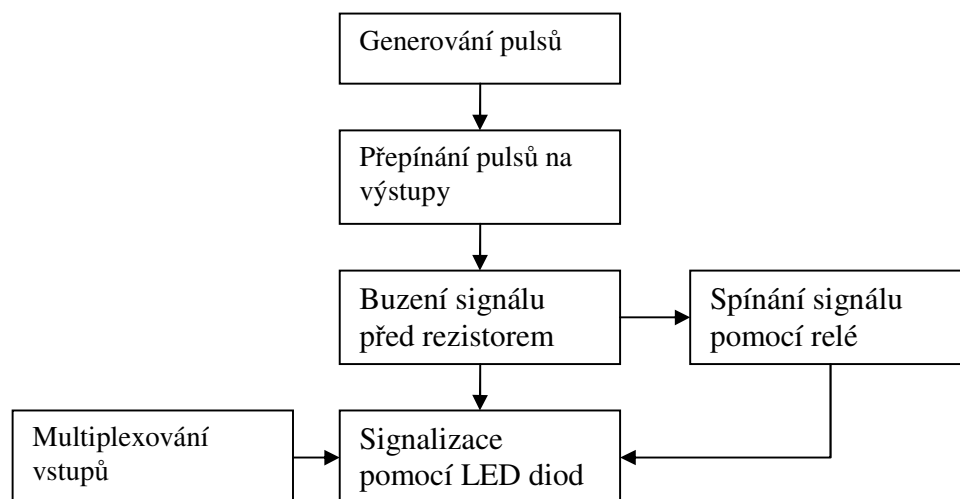
- **Schematické zobrazení průběhu**

Důležitým prvkem měřícího panelu bylo schématické zobrazení průběhu. Je vhodné, pokud má obsluha povědomí o testovaném zařízení jako celku. Kromě toho obsluha zabezpečuje servis a vyšší povědomí o klimatizaci jako celku vede ke schopnosti rychleji odhalit příčinu závady. Pro naplnění tohoto cíle bylo tedy nutné osazovat indikační led a voltmetry dle reálného schématického průběhu typové klimatizace. Při navrhování DPS byly tedy nejdříve uspořádávány tyto součástky a pak až následně pomocné funkční součástky.

- **Světelná indikace (simulace) pohybu čerpadel, motorů a indikace rychlostí motorů**

Pro naplnění tohoto cíle bylo nejdříve nutné stanovit způsob realizace, tzn. popsat si blokově dílčí funkční celky.

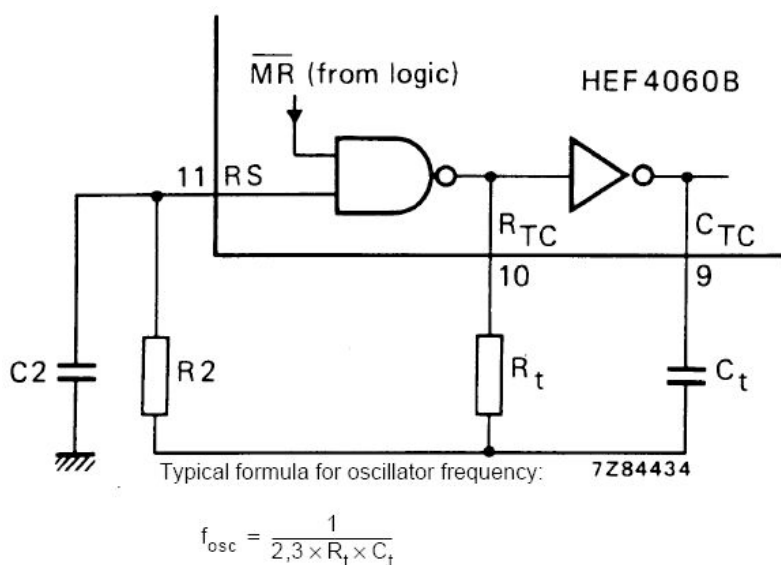
Obecný blokový popis funkčních celků.



Obrázek 17. Diagram světelné indikace (simulace) pohybu čerpadel, motorů a indikace rychlostí motorů

Generování pulsů

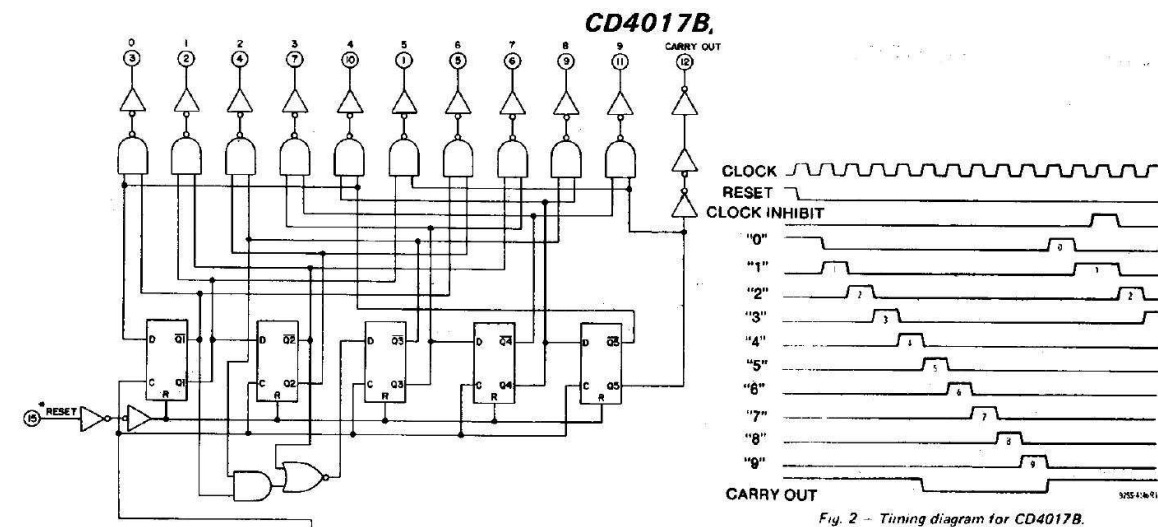
Původně bylo pro generování pulsů zamýšleno využít jednoduché řešení, a to blikající diodu. Od tohoto řešení bylo nakonec ustoupeno, protože řešení není dostatečně flexibilní pro nastavování časů pulsů. Vybrán byl tedy IO 4060, který byl vyvinut pro časové aplikace. Jde vlastně o 12-ti bitový čítač se zabudovanými invertory. Pro návrh schématu byl využit *datashett 4060* [13], kde se nachází vzorové zapojení tohoto obvodu viz příložený obrázek. Při návrhu obvodu byla provedena drobná změna, a to doplněním odporníku R_t trimrem 100k zapojeným do série. Touto úpravou lze kromě výběrů z výstupů Q4 až Q14 a také změnou hodnoty daného trimru provádět flexibilně změny v frekvenci oscilace. Frekvenci dané oscilace si lze také vypočíst dle vzorce, který je také uveden na obrázku:



Obrázek 18. Doporučené zapojení pro oscilátor [13]

Přepínání pulsů na požadované výstupy:

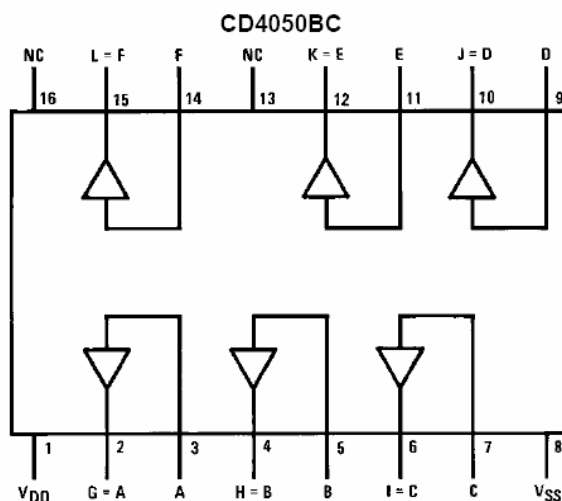
Pro naplnění tohoto cíle byl využit Integrovaný obvod 4017, kterému se také říká Johnsonův čítač. Na jeho hodinový vstup, který v sobě ukrývá desítkový čítač s deseti dekódovanými výstupy, byl přiveden kmitavý (oscilovaný) signál a tím na výstupech Q se postupně objevuje logická 1. Ostatní vstupy slouží jako napájení a reset. Z praktických důvodů v návaznosti na potřeby kombinace rozsvěcovaných diod byly využity výstupy Q (0-1-2-3-4-6). Výstup Q8 byl vodivě propojen na reset, což vede k automatickému opětovnému spuštění postupného přepínání od výstupu Q0.



Obrázek 19. Blokové schéma, časový průběh přepínání[9]

Buzení signálu před odporníkem

Signál byl buzen za pomoci integrovaného obvodu 4050, který slouží jako neinvertující budič a zároveň bylo tímto provedeno oddělení obvodů. Neinvertující znamená, že pokud je přiveden kladný vstup, tak výstup bude také kladný.



Obrázek 20. Blokové schéma 4050 [8]

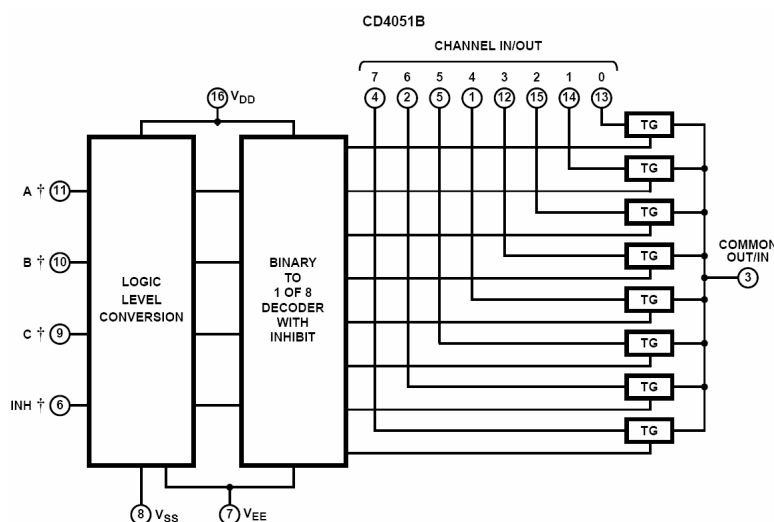
Spínání signálu pomocí relé

Pomocí spínacích kontaktů dvou pólových relé jsou spínány výstupy z IO4050, které přes předřadný odporník rozsvěcují postupně diody, čímž byl vytvořen vizuální efekt točících se

čerpadel. Samotné sepnutí relé (spínacích kontaktů) čerpadla bylo provedeno přivedením vstupního napětí na cívku relé.

Multiplexování vstupů

Pro aplikaci byl vybrán IO 4051, který slouží k přepínání výstupů dle logické kombinace přivedené na vstupy A,B,C. IO s označením CD4051BC je tedy osmikanálový multiplexer, který lze napájet napětím až 15 V. Tento multiplexer byl využit v dané aplikaci pro zobrazování jednotlivých řízených rychlostí motoru. Potřebné vstupy byly vybrány dle logické tabulky „Input states“ [7], za pomoci kterých bylo provedeno přizemnění LED diod pro zobrazení požadovaného stavu. Také byl daný IO využit k přizemnění simulace otáčení motoru, protože z logiky plyne, že pokud není žádná (tedy nulová) rychlost, motor není v běhu (netočí se=nesvítí LED). Dalšími prvky v daném obvodu jsou Zenerovy diody (stabilizace napětí), které chrání logické vstupy, předřadné odporníky a odporníky určené k přizemnění logických vstupů (zabraňují indukovaní logických vstupů).



Obrázek 21. Blokové schéma 4051 [7]

INPUT STATES				“ON” CHANNEL(S)
INHIBIT	C	B	A	
CD4051B				
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	X	X	X	None

Obrázek 22. Popis logických kombinací 4051 [7]

- **Snadné a pevné upevnění k nosní (krycí) konstrukci**

Toto bylo řešeno za pomoci otvorů o velikosti průměru 3,2mm, přes které procházejí vymežovací sloupky. Tedy zátěž na krycí konstrukci není přímo převáděná na DPS, ale naopak DPS je v konstrukci umístěna pevně bezpečně a stabilně v požadované poloze.

- **Snadné připojení k perifériím**

Měřicí panel byl pevně připojen, tedy nebylo nutné použití propojovacích speciálních konektorů. Nutno bylo ale zajistit možnost rozpojení bez nutnosti pájení pro případné servisní zásahy (nebo měření). Toto bylo řešeno použitím vhodných připojovacích svorek.

- **Snadný servis zařízení (bezúdržbové)**

Prvotním cílem bylo mít bezúdržbové a bezporuchové zařízení. Toto bylo zajištěno použitím co možná nejspolehlivějších součástek s přihlédnutím na pořizovací cenu a vhodným celkovým návrhem. Také samotný návrh DPS vycházel z pravidel popsanych v knize „*Návrh a konstrukce DPS – principy a pravidla praktického návrhu*“ [4]. Bylo samozřejmě zapotřebí myslet i na možnost případného servisního zásahu, proto bylo zařízení koncipováno tak, aby bylo jednoduše rozebíratelné a prověřitelné.

- **Vhodný stabilizovaný zdroj**

Pro návrh vhodného stabilizovaného zdroje bylo nutné nejdříve vyjít ze skutečnosti, že potřebujeme napájecí napětí pro řízení čidel o velikosti 10VDC. Také vstupní signální napětí k IO LM3914 je 0 až 10VDC, bylo tedy dobré použít pro referenční (srovnávací) napětí 10VDC. Pokud k IO LM3914 bylo použito referenční napětí 10VDC, tak napájecí napětí muselo být vyšší. Potřebné vyšší napětí bylo stanoveno s ohledem na napájení všech IO. V tomto případě bylo zvoleno napětí 15VDC. Požadovaný stabilizovaný zdroj byl napojen z transformátoru 24VAC. V prvním stupni zdroje bylo provedeno usměrnění za pomoci můstkového usměrňovače s přídatným filtračním kondensátorem. Na základě logiky byla provedena nejdříve úprava napětí na stabilizovaných 15VDC. K tomuto byl vybrán IO MC34063A, který kromě dalších funkcí umí stabilizovat napětí na požadovanou hodnotu v závislosti na nastavení hodnot odporů a dle referenčního napětí 1,25V. K výpočtu požadovaných odporů byl využit vzorec:

$$V_{out}=1,25(1+(R1/R2)) \quad [15]$$

V mém případě:

$$R1/R2=(V_{out}/1,25)-1$$

$$R1/R2=(15/1,25)-1$$

$$R1/R2=12-1=11 \quad (R2=100)$$

$$R1=R2*11$$

$$R1=100*11$$

$$R1=1100$$

Kontrola výpočtu:

$$V_{out}=1,25*(1+((R167+R168)/R165))$$

$$V_{out}=1,25*(1+((100+1000)/100))$$

$$V_{out}=1,25*(1+(1100/100))$$

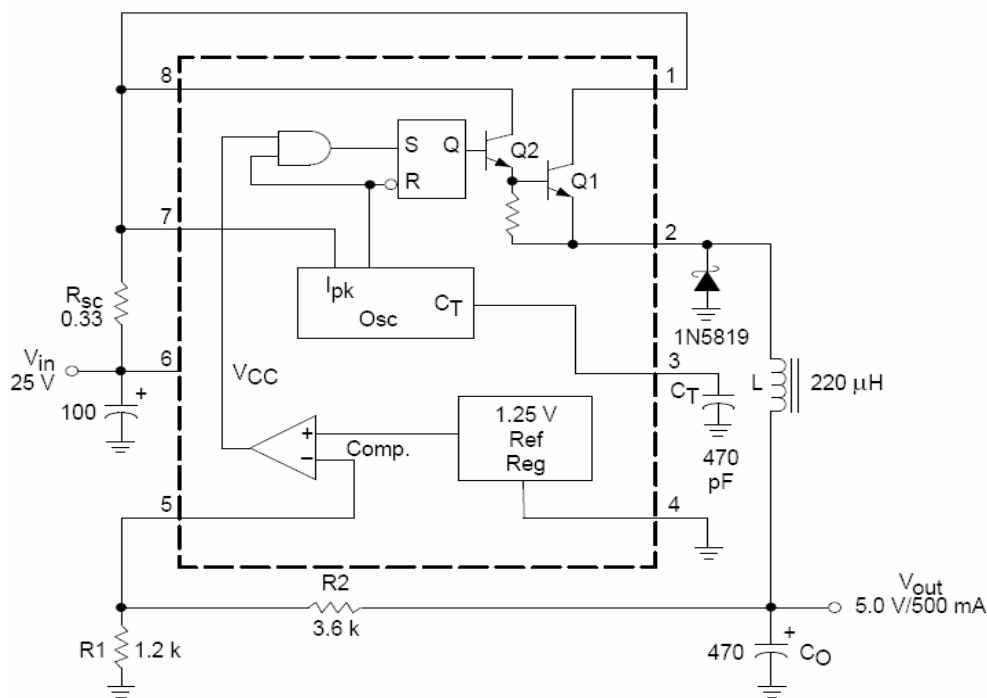
$$V_{out}=1,25*(1+(1100/100))$$

$$V_{out}=1,25*(1+11)$$

$$V_{out}=1,25*12$$

$$\mathbf{V_{out}=15V}$$

Zapojení IO bylo provedeno dle *vzorového zapojení* [15] s korekcemi plynoucími se změnou požadovaného napětí. V obvodu byla dále zapojená tlumivka, která chrání obvod proti proudovým špičkám a kondensátory, které slouží k filtraci a k zamezení napěťového rozkmitání obvodu.

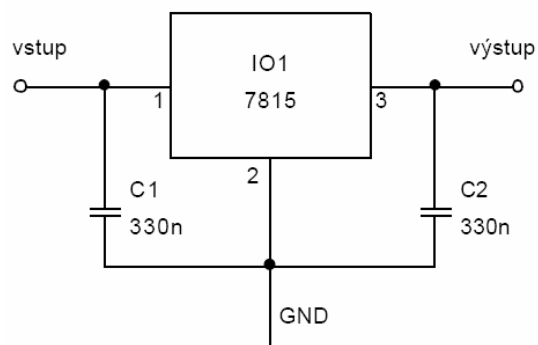


Obrázek 23. Vzorové zapojení pro IO MC34063A [15]

Jako další stupeň stabilizovaného zdroje byl zvolen IO L7810 s pouzdrem TO220 s možností připojení na chladič. IO byl napojen na výstupné stabilizované napětí 15VDC z IO MC34063A.

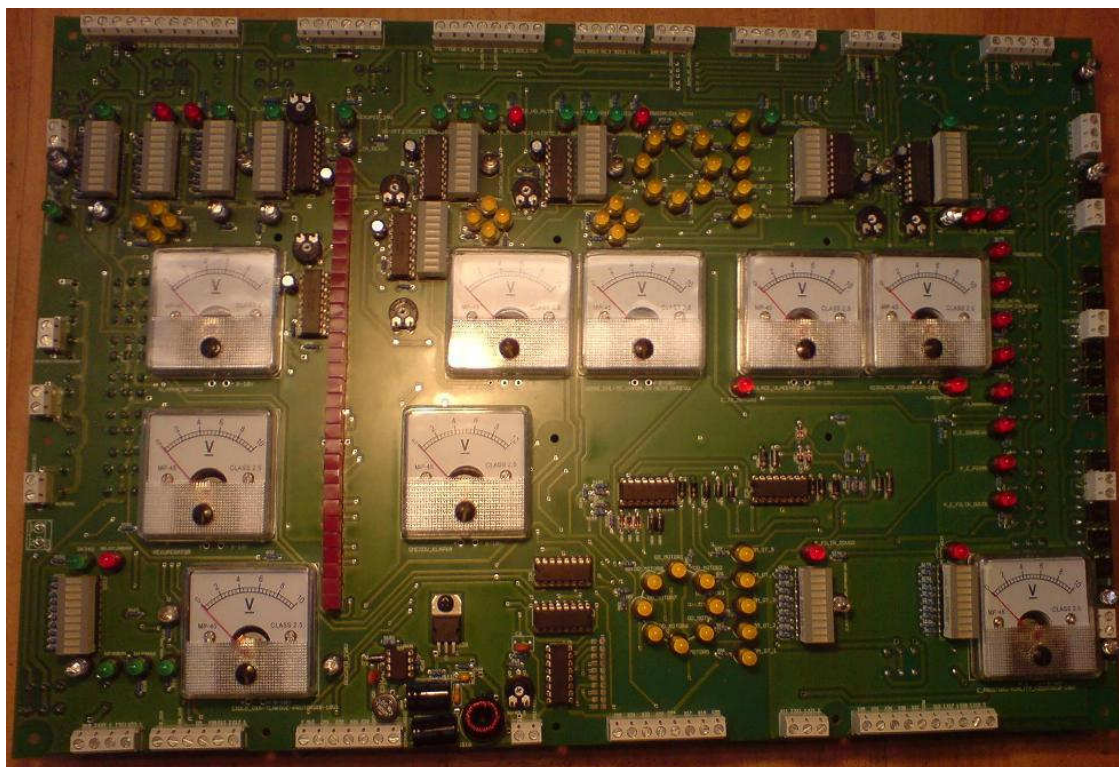
Běžné stabilizátory řady 78xx vyžadují pro správnou činnost, aby vstupní napětí bylo alespoň o 3V vyšší než výstupní [14], což zmíněné zapojení splňuje. Zapojení vychází ze vzorového zapojení viz obrázek, kde kondensátory mají funkci ochrany proti napěťovému rozkmitání.

Stabilizátor kladného napětí



Obrázek 24. Doporučené zapojení stabilizátorů L78xx [14]

4.4.3. Výstupy



Obrázek 25. Osazená DPS pro měřicí panel

Zdrojový soubor včetně schéma zapojení je uveden v příloze s názvem:
Příloha 11: Zdrojový soubor Eagle+schéma pro měřicí panel

4.5. Návrh konstrukce měřicího panelu

4.5.1. Stanovené cíle

- Levné
- Pevné
- Odolné vůči vzniku koroze
- Krycí víko rozděleno do 3 sekcí (DPS, přívod, doplňkové obvody)
- Celková výška vnitřní nosné části konstrukce musí odpovídat potřebám silových a pomocných komponentů
- Jednoduchá montáž a demontáž krycích plechů
- Pevné a spolehlivé upevnění pomocných komponentů
- LED diody a analogové voltmetry musí lícovat s vnitřním krycím plechem pro DPS
- 9 x průchodka pro vstupní a výstupní kabely
- Čitelnost popisů (schématický průběh)
- Dostatečná izolační vzdálenost spojů od krycí konstrukce
- Estetické provedení vnitřní montáže vodičů

4.5.2. Návrh řešení (realizace stanovených cílů)

- **Levné**

Bylo zajištěno výrobou přímo ve firmě Remak. U zakázkové výroby v jiné firmě lze předpokládat neúměrné navýšení nákladů (ceny).

- **Pevné**

Pro konstrukci byl zvolen plech o síle 1mm ral bílý. Nosná konstrukce byla tvořena ze 4 do sebe zapadajících dílů (tvar U), které se stanovenou šířkou materiálů tvoří dostatečně pevný obal.

- **Odolné proti vzniku koroze**

Plech je pokrytý bílou barvou, která tvoří ochranný prvek proti vzniku koroze. Vzhledem k místu aplikace je stanovená ochrana dostatečná.

- **Krycí víko rozděleno do 3 sekcí (DPS, přívod, doplňkové obvody)**

Pro případný servisní zásah nebo potřeby měření bylo mnohem vhodnější mít čelní kryt rozdělen na dílčí části. Rozdělení bylo provedeno dle logického výstupu součásti testeru.

- **Celková výška vnitřní nosné části konstrukce musí odpovídat potřebám silových a pomocných komponentů**

Jako součást periférií, které byly upevněny do krycí konstrukce jsou elektrické prvky jako jsou transformátory, proudový chránič, patice pro relé a podobně. Nutno bylo tedy definovat si správnou

výšku vnitřní části krycí konstrukce měřicího panelu. Bylo zapotřebí brát ohled nejenom na minimální, ale také na maximální možnou výšku. Jako optimální výška byla stanovena 64mm.

- **Jednoduchá montáž a demontáž krycích plechů**

Krycí plech pro DPS a výběr součástek byl proveden tak, že při odnímání čelního krytu nejsou ke krytu připevněny žádné vodiče, ani jiné nadbytečné spojovací prvky. Pro dostatečné mechanické zajištění čelního krytu byly v rozích použity 4 šrouby M3. Pro dva krajní krycí plechy, kde bylo nutno mít některé komponenty upevněny přímo k danému krytu, byla provedena montáž vodičů tak, že kryt lze bez větších obtíží odsunout na bok.

- **Pevné a spolehlivé upevnění pomocných komponentů**

Pomocné komponenty byly upevněny na DIN lišty, které byly přišroubovány přímo k nosné krycí konstrukci měřicího panelu.

- **Led diody a analogové voltmetry musí lícovat s vnitřním krycím plechem pro DPS**

Toto bylo zajištěno použitím vhodných distančních sloupků a precizních patic.

- **9 x průchodka pro vstupní a výstupní kabely**

Průchodky jsou určeny pro vstup kabelů z řídicího panelu a výstup vodičů k propojovacím svorkám. Velikost průchodek byla stanovena dle vnějšího rozměru připojovacích kabelů

- **Čitelnost popisů (schématický průběh)**

Popisy byly umístěny na třech barevných nálepkách pro každý krycí plech zvlášť. Velikost a obsáhlost textu je navržena tak, aby byla k předpokládané vzdálenosti použití dostatečně čitelná. Při zobrazování jednotlivých komponent schématu byly použity reálné značky pro dané komponenty.

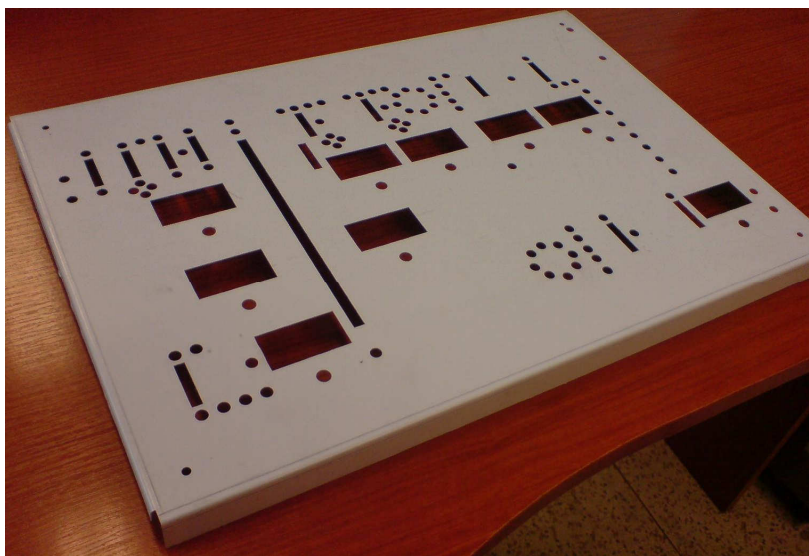
- **Dostatečná izolační vzdálenost spojů od krycí konstrukce**

Požadovaná izolační vzdálenost krytů k vodivým částem DPS byla zajištěna za pomoci distančních sloupků o velikosti 50mm a 12mm.

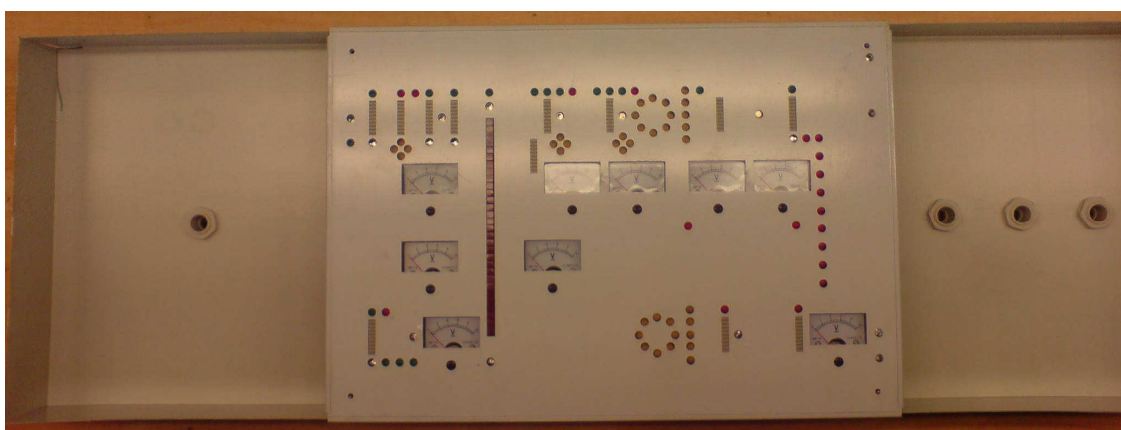
- **Estetické provedení vnitřní montáže vodičů**

Pro estetický dojem z vnitřního provedení montáže vodičů, byly použity 4 žlaby, do kterých jsou umístěny veškeré tažené vodiče testeru.

4.5.3. Výstupy



Obrázek 26. Krycí plech DPS pro měřicí panel



Obrázek 27. Hlavní + krycí plech DPS pro měřicí panel



Obrázek 28. Pomocné krycí plechy pro měřicí panel

Zdrojové soubory (modely a výkresy) jsou uvedeny v příloze s názvem:
Příloha 12: krycí konstrukce pro měřicí panel (Solid Works 2006)

Zdrojový soubor s čelní nálepkou je uveden v příloze jako soubor cdr s názvem:
Příloha 13: Nálepka pro měřicí panel 1. (Corel DRAW)

Zdrojový soubor s nálepkami je uveden v příloze jako soubor cdr s názvem:
Příloha 14: Nálepky pro měřicí panel 2-3.(Corel DRAW)

4.6.Návrh periferních součástí testeru

4.6.1. Stanovené cíle

- Levné
- Přívod silové části (ochrana)
- Vhodné zdroje napětí 24VAC (zdroj 1 + zdroj 2)
- Možnost připojení signálu 0-10V pro zobrazení rychlostí motorů
- Připojovací svorky k ŘJ
- Vhodné umístění přívodů k ŘJ

4.6.2. Návrh řešení (realizace stanovených cílů)

• Levné

Při výběru komponentů kromě potřebných parametrů jsem se také zaměřoval na jejich cenu a cenu dopravy.

• Přívod silové části (ochrana)

Přívodní silovou část tvoří hlavní vypínač, proudový chránič (ochranný prvek), testovací zásuvka, vypínač, a sběrnice N-PE. Testovací zásuvka je určena k připojení svorek řídicí jednotky a je ovládána podsvíceným vypínačem.

• Vhodné zdroje napětí 24VAC (zdroj 1 + zdroj 2)

Pro napájení obvodů jsou potřebné dva zdroje s výstupním napětím 24VAC proto, aby bylo možné vybrat vhodné transformátory, nejdříve je však nutné spočítat spotřebu jednotlivých okruhů obvodu. Tyto výpočty byly provedeny součtem spotřeby jednotlivých spotřebičů. Samotné transformátory byly vybrány s minimální rezervou 30% od maximální předpokládané spotřeby.

• Možnost připojení signálu 0-10V pro zobrazení rychlostí motorů

Pro naplnění tohoto cíle bylo využito již známé odzkoušené zapojení, které sloužilo k ŘJ WBC za pomoci převodníku PAD3.

- **Připojovací svorky k ŘJ**

Konce vodičů, které jsou připojovány pod svorky ŘJ k účelům testování, jsou postupně opotřebovány. Proto bylo vhodné umístit spojovací svorky jako mezičlánek pro případnou výměnu vodiče následkem opotřebení.

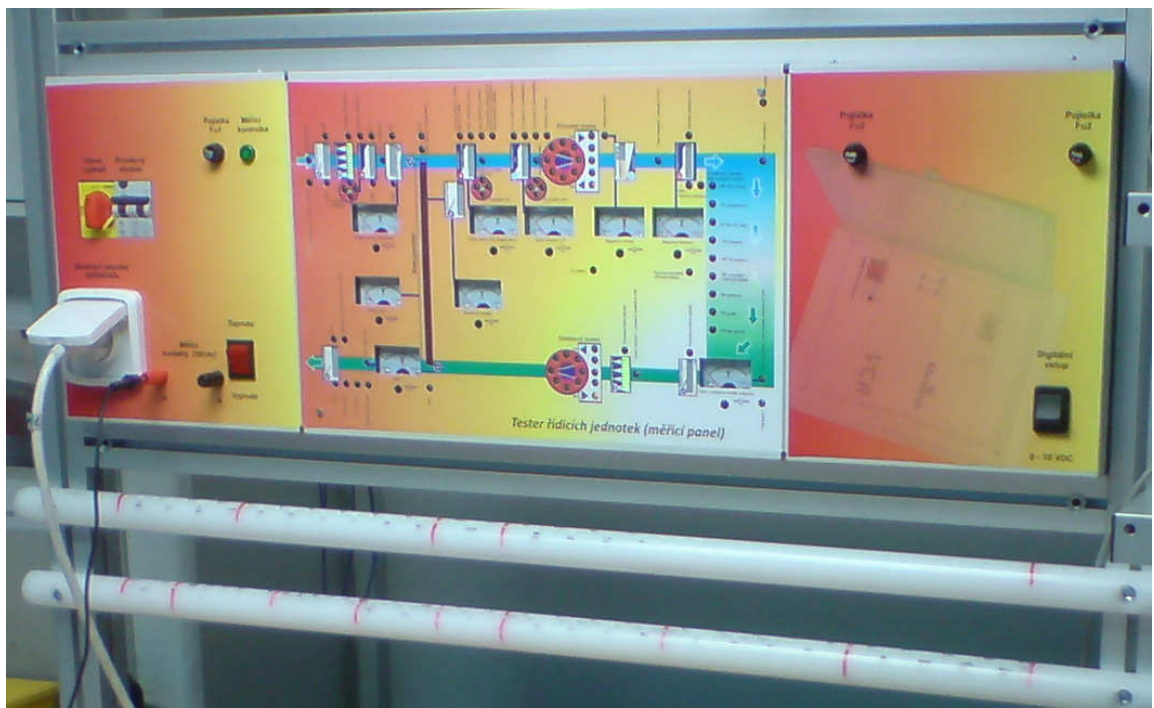
- **Vhodné umístění přívodů k ŘJ**

Pro přívodní vodiče, které jsou určeny pro připojení k svorkám ŘJ, bylo vyrobeno nosné zařízení ze silikonové tyče.

Toto nosné zařízení slouží na:

- a) vhodné upevnění vodičů, které nejsou připojeny k ŘJ
- b) zamezení vzájemnému zkratování různých nezávislých obvodů
- c) umístění čitelných popisů

4.6.3. Výstupy



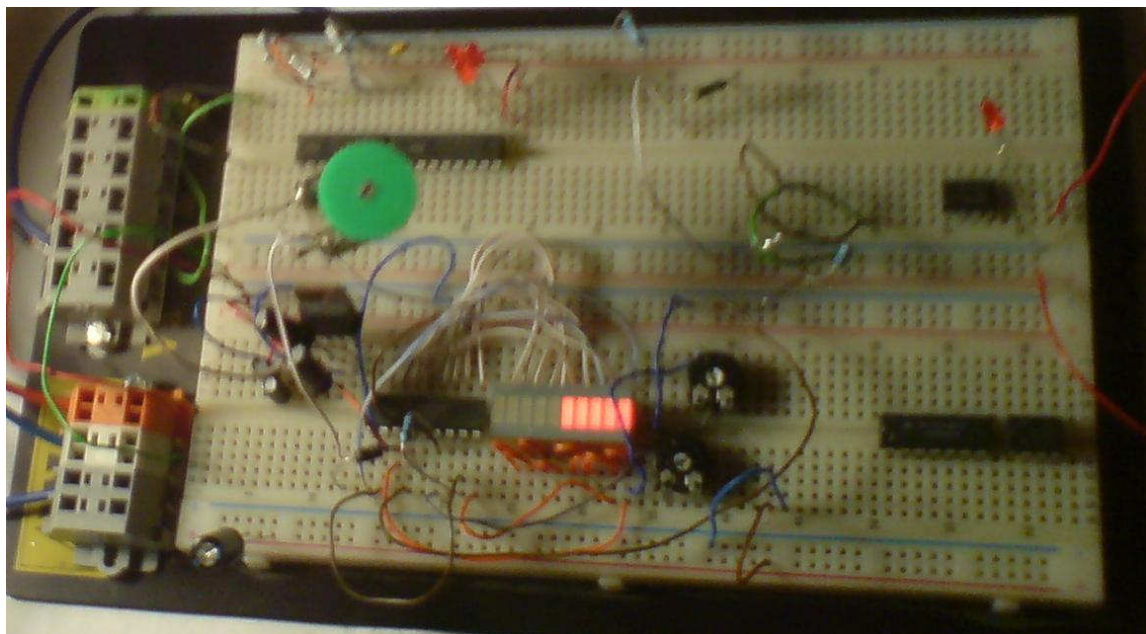
Obrázek 29. Periferní součástí testeru

4.7. Obecný popis samotného návrhu a realizace

4.7.1. Dílčí schémata:

Nejdříve byly stanoveny potřebné funkční výstupy pro měření a definované možné řešení (koncepty) výstupů. Následně byly vytvořeny dílčí části schémat, které řešily dílčí funkční

potřeby. Při tvorbě těchto dílčích schémat, byly některé obvody předem otestovány (ověřeny) na testovacím přípravku.



Obrázek 30. Prověření navržených obvodů na testovacím přípravku

4.7.2. Celková schémata a návrh DPS:

Návrh celkových schémat a DPS probíhal v prostředí Eagle. Nejdříve bylo nutné najít potřebné součástky, které tvořily základ pro kreslení schémat. Část těchto součástek byla použita z knihoven přístupných po instalaci programu a část součástek bylo nutné do knihovny doplnit. Při vytváření součástek byly nejdříve definovány kontakty (schéma), následně pouzdro a nakonec tyto dvě části byly vodičově propojeny. Po doplnění všech potřebných součástek byly tyto součástky doplněny na obrazovku pro tvorbu schéma, kde se vodičově propojily za pomoci vzdušných vodičových čar (net). Na konci práce byla provedena formální kontrola schématu. Při této kontrole byla objevena drobná slabina tohoto programu. V některých případech byl vodičový uzel spojen vodičově pouze zdánlivě. Bylo nutné pohnout s čarou (net), kde se vizuálně projevil tento typ chyby, který byl posléze jednoduše opraven. Pomocí ovládacího panelu speciální ikonkou byla vygenerována plocha pro kreslení DPS. Zde se součástky seřadily dle požadovaného blokového schématu a následně propojovaly ve dvou vrstvách vodičými spoji o požadované síle s požadovanými mezerami. Pro práci nebyl využit automatický systém, ale vše bylo taženo ručně. Samotný návrh DPS se řídil pravidly dle knihy „Návrh a konstrukce DPS“ [4], která byla k tomuto účelu pořízena. Po ukončení tažení vodičových propojů byla vykonána kontrola dle seznamů errors. Posledním úkonem který byl proveden, bylo

rozlívání mědi pomocí polygonu, který významně zlepšuje vlastnosti celého obvodu. Pro práci s programem Eagle byl využit návod „*Výuka návrhového systému Eagle*“ [11].

4.7.3. Výroba DPS a osazení součástek:

Výstupy z tohoto programu byly odeslány externí firmě, která DPS na základě přiložených podkladů vyrobila. Osazování součástek na DPS bylo provedeno za pomoci mikropájky a bezolovnatého cínu. Tedy při zadávání specifikace pro výrobu DPS bylo nutné kromě dalších potřebných údajů (typ materiálu FR4 apod.), tento parametr nadefinovat. IO na DPS byly umístěny za pomoci patič, které byly ještě před osazením daných IO připájeny k DPS. Toto bylo učiněné ze dvou důvodů:

- a) Předěšlo se možnému přehřátí IO při pájení.
- b) V případě poruchy IO lze provést jednoduše výměnu IO bez použití mikropájky a odsávačky cínu.

Po pájení proběhla kontrola pájených spojů za pomoci lupy, kde byly odstraněny drobné nedostatky. Osazené DPS byly podrobeny měření, kde byly proměřeny požadované funkční výstupy jednotlivých funkčních bloků za pomoci multimetru.

4.7.4. Nosné rameno:

Před samotným návrhem krycí konstrukce pro jednotlivé DPS bylo nejdříve nutné navrhnout nosné pohyblivé (nastavitelné) rameno, které slouží pro upevnění řídicího panelu. Toto rameno bylo navrženo za pomoci dílů od firmy Alutec K&K a.s., a to proto, že pracoviště kontroly je navrženo (vyrobeno) z konstrukčních dílů od této firmy a část možných dílů má naše firma navíc k dispozici. Jako podklad pro návrh byl použit propagační katalog s názvem „*Hliníkový konstrukční systém 3D*“ [10]. Pro montáž pohyblivého ramene bylo postačující mít kromě potřebných dílů k dispozici také imbusové klíče a vrtačku.

4.7.5. Krycí konstrukce:

Návrhy krycí konstrukce jednotlivých plošných spojů byly provedeny v programu Solid Work. K tomuto účelu byl využit návod pod názvem „*Výuková příručka Solid Works*“ [12]. Ruční měření a zakreslení jednotlivých požadovaných otvorů dle DPS by bylo v programu Solid Work složité a zdouhavé. Toto bylo řešeno vygenerováním pdf výstupů z programu Eagle. Následně bylo toto pdf převedeno na dxf formát za pomoci programu pdf-dxf.exe, který byl načten do Solid Worku. Zde bylo ještě nutné provést korekci celkového rozměru a tím byl při tvorbě (návrhu) ušetřen značný čas. Samotný přechod na plechový díl, vytvoření ohybů (přidání rozměru na ohyb), výstupů pro vysekávací stroje, výsek a ohyb plechových dílů byl proveden přímo v naší firmě. Nálepky (popisy) na plechové díly byly vytvořeny v programu Corel Draw. Popis na řídicí panel byl ještě opatřen průhlednou ochrannou folií, a to z důvodu předpokladu vysokého možného opotřebení.

4.7.6. Montáž testeru:

- Montáž DPS (řídící panel) na spodní díl krycí konstrukce

Na spodní díl krycí konstrukce byly upevněny 3 průchodky do předchystaných otvorů. Tyto průchodky jsou určeny pro průchod propojovacích kabelů k měřicímu panelu. Dále byl ke spodnímu dílu upevněn kloub ke konstrukčním systémům Alutec K&K a.s. a upevněny pomocí podložek a šroubů distanční sloupky, na které se za pomoci dalších distančních sloupů upevnila DPS pro řídící panel.

- Montáž nosného ramena

Nosné rameno bylo upevněno za pomoci šroubů a matic M8 k pracovnímu stolu.

- Montáž řídícího panelu na nosné rameno

Řídící panel byl upevněn na nosné rameno dvěma šrouby M8 přes klouby upevněné proti sobě

- Tažení propojovacích kabelů

Tři propojovací kabely byly taženy z řídícího panelu přes průchodky a vsunuty do drážek hliníkové konstrukce do pohyblivého ramena. Na konci kabelů bylo nutné udělat smyčky, pro zamezení možného poškození vodivých propojů při změně pozice pohyblivého ramene.

- Zapojení kabelů na svorky řídícího panelu

Kabely byly logicky rozděleny do 3 sektorů, kde byly posléze připojeny k řídicímu panelu.

- Příprava a propojení propojovacích svorek k ŘJ

Bylo vychystáno 8 sestav Wago svorek určených k propojování s ŘJ. Tyto svorky byly sestaveny dle logiky technických výstupů (230VAC = sestava, 24VAC = sestava, atd.). Od daných svorek byly taženy vodiče k plánovaným pozicím pro zapojení do svorek na DPS měřicí panel. Montáž proběhla snadno a rychle, protože byla k tomu vytvořena tabulka s návodem, jak přesně svorky propojovat. Tato tabulka dále také obsahuje informace, kde a v které části (dle světových stran) se dané svorky nacházejí, to samozřejmě také významně přispělo k urychlení montáže samotného testeru. Všechny vodiče jsou opatřeny popisy, které významně přispívají ke zkrácení času v případě servisního zásahu.

Popis svorek (výstupů a vstupů) pro testování je uveden v příloze jako soubor xls s názvem:

Příloha 15: Popis svorek testeru.xls

- Zapojení silové a pomocné části

Prvky silové (pomocné) byly upevněny na DIN lišty, které byly předem upevněny na nosnou konstrukci měřicího panelu. Tyto komponenty byly propojeny vodiči a označeny popisky.

- Osazení krycí konstrukce pro měřicí panel

Samotná předchystaná krycí konstrukce měřicího panelu byla upevněna k montážnímu stolu za pomoci šroubu a matic M8 do předem vychystané konstrukce stolu. Tato konstrukce byla sestavena ze 4 hliníkových profilů vytvářejících nosnou obvodovou konstrukci měřicího panelu.

- Úprava propojovacích kabelů od řídicího panelu

Tři přívodní kabely z řídicího panelu byly taženy přes průchodky zadní části krycí konstrukce měřicího panelu. Tyto kabely byly posléze odizolovány a jednotlivé vodiče „předchystány“ na potřebné propojovací pozice.

- Montáž DPS (měřicí panel) na nosnou krycí konstrukci.

DPS (měřicí panel) byla za pomoci distančních sloupků upevněna ke spodní části krycí konstrukce pro měřicí panel.

- Zapojení předchystaných vodičů na svorky DPS měřicího panelu

Svorky daného DPS byly vodivě propojeny s vodiči, které byly již v daných pozicích předchystány. Všechny zapojené vodiče se posléze uzavřely do předchystaných žlabů, což vedlo ke zvýšenému estetickému dojmu z provedené montáže.



Obrázek 31. Tester řídicích jednotek VCR

5. Ověření funkčnosti navrženého testeru

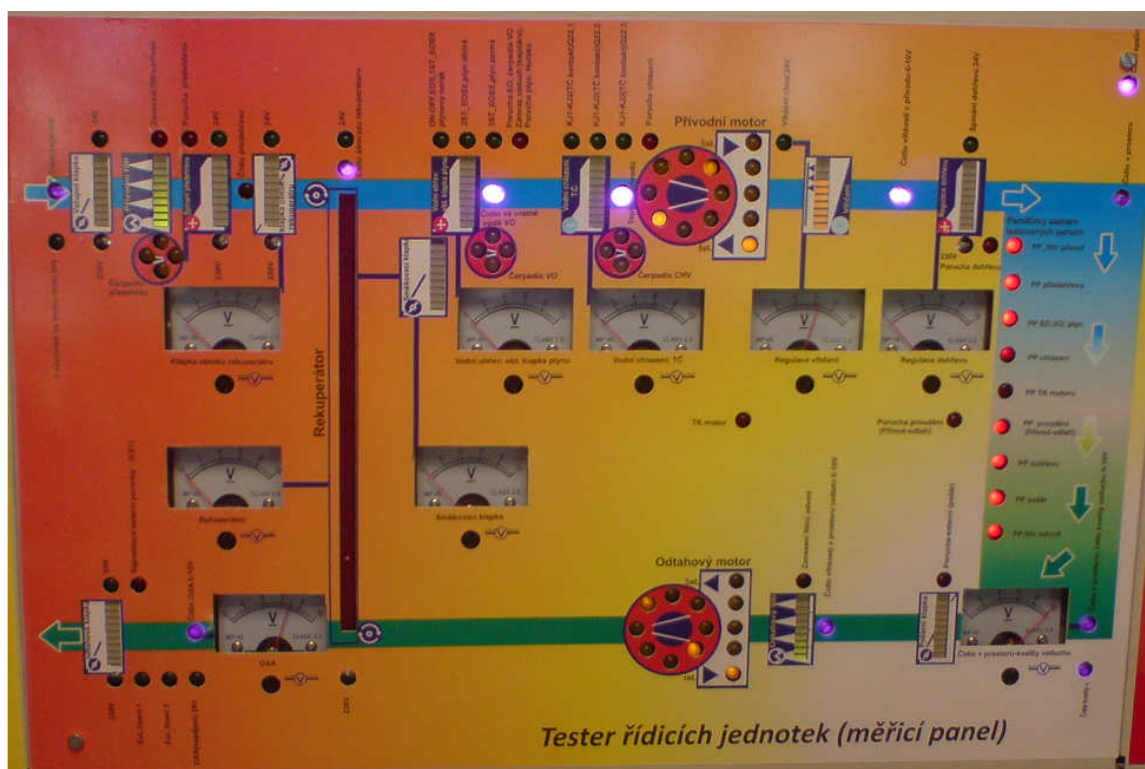
Samotné ověření funkčnosti navrženého testeru z důvodu vysoké složitosti zařízení bylo rozděleno do čtyř fází.

První fáze bylo prověření požadovaných výstupů u samostatného řídicího panelu (bez vodivého propojení k měřicímu panelu). Zde byla osazená DPS připojena k napájení za pomoci externího zdroje. Nejdříve byly proměřeny požadované výstupy ze spínacích relé, následně požadované výstupy ze spínačů značky Multimec a spínačů konstrukčně spojených s potenciometry. Všechny požadované výstupy vykazovaly potřebné parametry pro správnou činnost testovacího zařízení až na jeden spínací obvod pro řízení poruch. Zde byla následkem měření odhalena špatná funkce spínacího relé, které při přivedení vstupního napětí na cívku, vykazovalo vyšší hlučnost a u daného relé nedocházelo k sepnutí požadovaných spínacích kontaktů. Po výměně tohoto relé bylo již vše v naprostém pořádku.

Další fáze ověřování byla tvořena namátkovým měřením na některých vstupech a výstupech měřicího panelu. Zde byly vybrány části obvodu, do kterých byly přivedeny potřebné vstupní signály (například 0 až 10V), přičemž byla prověřena požadovaná odezva testovacího zařízení. Část tohoto ověřování tvořilo prověření vodivých cest a kontrola absence případných nežádoucích vodivých spojů. U této části ověřování funkčnosti nebyly nalezeny žádné nežádoucí výstupy.

Třetí fází ověřování bylo měření požadovaných výstupů a vstupů u vodivě propojeného měřicího a řídicího panelu včetně všech periférií. Zde bylo nejdříve na vstupy určené k měření a indikaci vstupů analogových průběhů 0-10VDC přivedeno vstupní napětí, kterého hodnota byla proměřena multimetrem. Případné systematické a náhodné chyby měření, které vznikají například chybou použité metody, nebo vlivem šumu a driftu, jsou vzhledem k požadovaným výstupům zanedbatelné. Zde bylo proto srovnání naměřených hodnot voltmetry a multimetry pro vyhodnocení dostatečné. Po přivedení napětí byly také nastaveny hodnoty trimrů u IO LM3914 do takové pozice, aby se postupně rozsvěcovaly diody vždy při změně hodnoty napětí cca o 1V. Dalším ověřením byla kontrola všech spínaných vstupů a výstupů, kontrola výstupního napětí pro řízení hodnot čidel analogovým průběhem 0 až 10V (zde byl opětovně použit multimetr), prověření požadovaných hodnot odporů u výstupů Ni1000, prověření funkčnosti světelné indikace všech stavů pomocí LED atd. Při této fázi ověřování byla odhalena jedna chyba, která způsobila, že při simulaci požadované poruchy se LED signalizující tento poruchový stav, nerozsvítila. Důvodem této chyby byl fakt, že při osazování DPS bylo pozapomenuto na jeden předřadný odporník. Po doplnění daného předřadného odporníku bylo vše uvedeno do požadovaného stavu.

Poslední čtvrtou fází ověřování bylo měření s vodivě připojenou řídicí jednotkou vzduchotechniky. Zde byly všechny výstupy měřicího a řídicího panelu prověřeny také použitím multimetru. Testovací zařízení v této fázi ověřování nevykazovalo žádné nežádoucí stavy, tedy testovací zařízení bylo uvolněno do výroby ke zkušebnímu provozu.



Obrázek 32. Testování vstupů a výstupů testeru.

6. Závěr – zhodnocení výsledků

Úkolem bakalářské práce bylo stanovit metodiku testování řídicích jednotek vzduchotechniky nové produktové řady VCR, včetně návrhu a realizace testeru pro zkoušení. Tato práce byla zadána ve společnosti Remak a.s., nicméně samotná bakalářská práce není přímo určena jako výstup pro společnost. Součástí interního zadání a řešení byly také další úkoly a standardní firemní výstupy, které jsem ale do této práce nezařazoval, protože nekorespondovaly se zadáním samotné bakalářské práce a jsou veskrze interními dokumenty (technická dokumentace, pracovní instrukce atd.).

V teoretickém rozboru jsem se zabýval popisem teorie technologických vstupů a výstupů řídicích jednotek, samotným obecným popisem těchto řídicích jednotek a popisem činností výstupní kontroly daných řídicích jednotek.

V další části této práce byly zpracovány dva návrhy metodiky (koncepce) testování pro nové řady řídicích jednotek VCR. Jako součást návrhu byla také provedena analýza stávajícího stavu, návrh hardwaru a softwaru, obecný návrh algoritmů pro testování včetně vyhodnocení obou variant řešení.

Dle výběru řešení byla zvolena koncepce, která byla převedena do fáze dopracování (návrhu) a realizace. Toto tvořilo praktickou část mé bakalářské práce, tedy návrh a realizace testeru pro testování nové řady řídicích jednotek VCR.

Samotný tester je funkčně rozdělen do dvou samostatných bloků. První blok byl určen pro řízení teplot, poruchových stavů a jiných fyzikálních veličin. Toto bylo řešeno za pomoci vhodných potenciometrů, spínačů a spínacích relé. Druhý funkční blok byl určen k měření požadovaných

stavů, včetně světelné indikace těchto stavů. Součástí tohoto bloku je stabilizovaný zdroj, IO, kterými byla řešena simulace točení motorů a čerpadel, soustava relé pro spínání, soustava bistabilních relé určena k paměťovému záznamu testovaných poruch, soustava voltmetrů atd. Oba funkční bloky byly tvořeny soustavou součástek osazených na DPS, které mají vlastní krycí konstrukci, jsou konstrukčně propojeny pohyblivým ramenem a vodivě propojeny vodiči.

Závěrem lze zhodnotit, že výsledky bakalářské práce korespondují se stanovenými cíly a také v mnoha směrech převýšily původní stanovené cíle. Z prvních náměrů časů plyne, že dosažená úspora pracovního času je minimálně na plánované úrovni. Tyto náměry byly provedeny na operátorech, kteří prozatím nejsou na testeru plně zapracováni. Lze tedy předpokládat, že skutečný uspořádaný čas k plánovaným předpokladům může být i vyšší. Toto bude prověřeno novými náměry, které budou provedeny až po plném zapracování operátorů. Dalším pozitivním výsledkem je vysoká úroveň ergonomie zařízení, která také vede ke snížení fyzické zátěže operátorů (neustálé naklánění, otáčení apod.), což logicky vede k vyššímu komfortu práce obsluhy při činnosti testování řídicích jednotek vzduchotechniky.

V této bakalářské práci jsem uplatnil znalosti, které jsem nabyl při studiu na VŠB. Významnou mírou jsem ku příkladu uplatnil teoretické znalosti z předmětů PAVŘS, a to v bodě 3 při návrhu koncepce testování řídicích jednotek VCR, nebo také znalosti z předmětu ZKTE ve fázi návrhu DPS v programu Eagle a při samotné realizaci testeru. Nicméně nabyté znalosti z dalších zde nezmíněných předmětů, které jsem na VŠB absolvoval, také významně přispěly k realizaci dané bakalářské práce.

Pro další rozvoj projektu doporučuji zabývat se další optimalizací koncepce testování využitím PLC. Je silný předpoklad, že by to přineslo další pozitivní výstupy, které s danou realizovanou koncepcí nejde dosáhnout.

7. Literatura

1) Reference

- [1] KOZIOREK, Jiří. Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů. *Výukový text pro studenty oboru Měřicí a řídicí technika : VŠB-TU Ostrava*. 2009, 1, s. 0-280.
- [2] Firemní dokumentace : Siemens. In *Produktová řada programovatelných regulátorů Climatix*. Siemens Switzerland Ltd. : Building Technologies Group, 2010. s. CD.
- [3] Modular Controller SIMATIC S7: Siemens Configuration. In *SIMATIC Selection Tool*. Siemens AG : Industry Sector, 2008. s. 1. Dostupné z WWW: <<https://eb.automation.siemens.com/goos/catalog/Pages/ProductData.aspx?region=DE&tree=CatalogTree&nodeid=5000008&ionUrl=%2f&language=de&activetab=config#a&activetab=config&>>.
- [4] ZÁHLAVA, Vít. *Návrh a konstrukce DPS : Principy a pravidla praktického návrhu*. 1. vydání. Praha : BEN, 2010. 123 s. ISBN 978-80-7300-266-4.

- [5] *LM3914 Dot/Bar Display Driver*. National Semiconductor Corporation: National Semiconductor, 2003. 22 s. Dostupné z WWW: <<http://www.energies.alba-annuaire.fr/data/lm/LM3914.pdf>>.
- [6] Power PCB Relay RT1 bistable : RT314F24. In *Power General Purpose Relays*. Issued : Schrack, 2010. s. 3. Dostupné z WWW: <<http://catalog.compel.ru/file/relay/TYCO/pdf/RT3.pdf>>. Datasheet Rev. IJ1.
- [7] CD4051B, CD4052B, CD4053B : CMOS Analog Multiplexers/Demultiplexers with Logic Level Conversion. In *Data sheet acquired from Harris Semiconductor*. Dallas, Texas : Texas Instruments Incorporated, 2003. s. 21. Dostupné z WWW: <<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/9/0p48w4c026wuqxfstkhjxkhorecy.pdf>>.
- [8] CD4049UBC • CD4050BC : Datasheets for electronics components.. In *Hex Inverting Buffer • Hex Non-Inverting Buffer*. [s.l.] : Fairchild Semiconductor Corporation, 2002. s. 8. Dostupné z WWW: <<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/CD4050BC.pdf>>. DS005971.
- [9] Data sheet acquired from Harris Semiconductor : CD4017B, CD4022B Types. In *CMOS COUNTER/DIVIDERS*. Dallas, Texas : Texas Instruments Incorporate, 2004. s. 14. Dostupné z WWW: <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26853/TI/CD4017B.html>>. SCHS027.
- [10] Hliníkový konstrukční systém : 3D. In *Alutec Katalog*. Čelákovice Záluží : Alutec K&K a.s., 2009. s. CD.
- [11] JURÁNEK, Antonín. VÝUKA NÁVRHOVÉHO SYSTÉMU : EAGLE. In *Výuka Eagle*. [s.l.] : [s.n.], 2004. s. 107. Dostupné z WWW: <<http://www.semach.cz/pdf/eagle.pdf>>.
- [12] Solid Works. In *Výuková příručka*. [s.l.] : Bs Solid Work, 2010. s. 169. Dostupné z WWW: <<http://www.ulozto.cz/742070/vyukova-prirucka-solid-works-pdf>>.
- [13] HEF4060B MSI : 14-stage ripple-carry binary counter/divider and oscillator. In *The IC04 LOCMOS HE4000B Logic Family Specifications HEF, HEC · The IC04 LOCMOS HE4000B Logic Package Outlines/Information HEF, HEC*. [s.l.] : Philips Semiconductors, 1995. s. 7. Dostupné z WWW: <http://docweb.khk.be/luc%20friant/Digitaal2E/12-Toepassingeng/Datasheets/HEF4060B_CNV_3.pdf>.
- [14] L7810. In *Stabilizátory napětí*. [s.l.] : [s.n.], 2010. s. 6. Dostupné z WWW: <<http://elektron.host.sk/elektronika/Stabil1.pdf>>.
- [15] MC34063A, MC33063. In *DC-to-DC Converter Control Circuits - ON Semiconductor*. Denver, Colorado : Literature Distribution Center for ON Semiconductor, 2000. s. 16. Dostupné z WWW: <<http://pdf1.alldatasheet.net/datasheet-pdf/view/90685/ONSEMI/MC34063.html>>.

8. Seznam obrázků

Obrázek 1. Řídicí část ŘJ VCR – část produktové řady Climatix [2].....	3
Obrázek 2. Objektově orientované programovací prostředí [2]	5
Obrázek 3. Standardní aplikace produktové řady Climatix[2]	6
Obrázek 4. Schéma připojení k regulátorům produktové řady Climatix- NI1000, PT1000, 0-2500 [2]	7
Obrázek 5. Schéma připojení k regulátorům produktové řady Climatix- NTC [2]	8
Obrázek 6. Schéma připojení k regulátorům produktové řady Climatix- kontakty[2]	9
Obrázek 7. Konfigurace PLC Simatic za pomoci konfiguratoru	17
Obrázek 8. Konfigurace PLC Simatic za pomoci konfiguratoru	17
Obrázek 9. Výsledky zhodnocení-propočty řešeny ve firmě	21
Obrázek 10. Zobrazení koncepce ve 3D	22
Obrázek 11. Osazený řídicí panel	27
Obrázek 12. Krycí konstrukce pro řídicí panel	29
Obrázek 13. Řídicí panel s popisy	29
Obrázek 14. Nosné rameno pro řídicí panel	31
Obrázek 15. Blokové schéma LM3914[5]	33
Obrázek 16. Blokové schéma RT314F24[6]	34
Obrázek 17. Diagram světelné indikace (simulace) pohybu čerpadel, motorů a indikace rychlostí motorů	35
Obrázek 18. Doporučené zapojení pro oscilátor[13]	36
Obrázek 19. Blokové schéma, časový průběh přepínání[9]	37
Obrázek 20. Blokové schéma 4050 [8]	37
Obrázek 21. Blokové schéma 4051 [7]	38
Obrázek 22. Popis logických kombinací 4051 [7]	38
Obrázek 23. Vzorové zapojení pro IO MC34063A [15]	40
Obrázek 24. Doporučené zapojení stabilizátorů L78xx [14]	41
Obrázek 25. Osazená DPS pro měřicí panel	41
Obrázek 26. Krycí plech DPS pro měřicí panel	44
Obrázek 27. Hlavní + krycí plech DPS pro měřicí panel	44
Obrázek 28. Pomocné krycí plechy pro měřicí panel	44
Obrázek 29. Periferní součástí testeru	46
Obrázek 30. Prověření navržených obvodů na testovacím přípravku	47
Obrázek 31. Tester řídicích jednotek VCR	51
Obrázek 32. Testování vstupů a výstupů testeru.	53

9. Seznam příloh

Příloha 1: Popis funkcí (výstupů) pro testování.xls	11
Příloha 2: Seznam vstupů a výstupů pro konfiguraci PLC2.xls	16
Příloha 3: Výpočet (náklady, úspory a návratnost)-varianta PLC.xls	20
Příloha 4: Generování konceptů řešení.xls	20
Příloha 5: Výpočet (náklady, úspory a návratnost).xls	22
Příloha 6: Výpočet úspor změnou ergonomie.xls	23
Příloha 7: Zdrojový soubor Eagle+schéma pro řídicí panel	27
Příloha 8: Krycí konstrukce pro řídicí panel (Solid Works 2006)	30
Příloha 9: Nálepka pro řídicí panel (Corel DRAW)	30
Příloha 10: Výpočet předřadného odporu.xls	34
Příloha 11: Zdrojový soubor Eagle+schéma pro měřicí panel	41
Příloha 12: krycí konstrukce pro měřicí panel (Solid Works 2006)	45
Příloha 13: Nálepka pro měřicí panel 1. (Corel DRAW)	45
Příloha 14: Nálepky pro měřicí panel 2-3.(Corel DRAW)	45
Příloha 15: Popis svorek testeru.xls	49

Zmíněné přílohy jsou umístěny na neveřejném nosiči CD/DVD. Uvedená čísla stránek popisují umístění odkazů k jednotlivým přílohám.